Aus dem Institut für Allgemeine Hygiene
der Freien Universität Berlin
Direktor: Prof. Dr. med. H. Rüden

QUANTITATIVE UND QUALITATIVE LUFT-MIKROBIOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN AUF EINER OPERATIVEN INTENSIVPFLEGE-STATION

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde
an den Medinzinischen Fachbereichen
der Freien Universität
Berlin

vorgelegt von

Cornelia Hutterer
Herrsching

1984

[illegible]

Druck:
Kopie Print
Unter den Eichen 57
1000 Berlin 45 - Lichterfelde-W.
Telefon 030/8 31 24 82

Aus dem Institut für Allgemeine Hygiene
der Freien Universität Berlin
Direktor: Prof. Dr. med. H. Rüden

QUANTITATIVE UND QUALITATIVE LUFTMIKROBIOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN AUF EINER OPERATIVEN INTENSIVPFLEGESTATION

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde
an den Medizinischen Fachbereichen
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Cornelia Hutterer
Herrsching

Referent: Prof. Dr. med. H. Rüden

Korreferent: Prof. Dr. K.E. Gillert

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fachbereiche
der Freien Universität Berlin

Promoviert am: 23. März 1984

Inhaltsverzeichnis

		Seite
1.	Einleitung	1
1.1	Begriffsbestimmung und Rate nosokomialer Infektionen	1
1.2	Infektionsgefährdung der Patienten auf der Intensivpflegestation	2
1.3	Infektionsquellen	4
1.4	Infektionswege	5
1.4.1	Kontakt- und Schmierinfektionsweg	5
1.4.2	Aerogener Übertragungsweg	6
1.5	Ziele	7
2.	Material und Methoden	8
2.1	Operative Intensivpflegestation	8
2.1.1	Bauliche Voraussetzungen	8
2.1.2	Versorgung der Patienten	9
2.1.3	Klimaanlage	10
2.2	Probennahme	10
2.2.1	Untersuchungszyklus	10
2.2.2	Patienteneinteilung	10
2.2.3	Probennahmeverfahren	12
2.2.3.1	Impaktionsverfahren	12
2.2.3.2	Sedimentationsverfahren	13
2.2.4	Probennahmezeiten und -ort	13
2.2.5	Verwendete Nährmedien	15
2.3	Bakteriendiagnostik	16
2.3.1	Bestimmung der Gesamtkeimzahl	16
2.3.2	Bakteriendifferenzierung	16
2.3.2.1	Auswahl der Keime	16
2.3.2.2	Diagnostik der gramnegativen Stäbchen (Enterobacteriaceae und Pseudomonadaceae)	17
2.3.2.3	Diagnostik der grampositiven Kokken	17
2.3.2.3.1	Micrococcaceae	17
2.3.2.3.2	Streptococcaceae (Fäkalstreptokokken)	18
2.3.3	Resistenzprüfung	19

Seite

3.	Ergebnisse	19
3.1	Klinische Befunde der Patienten	19
3.1.1	Patientendaten	19
3.1.2	Therapeutische Eingriffe	26
3.2	Quantitative Luftkeimbefunde	28
3.2.1	Durchschnittliche Luftkeimkonzentration	28
3.2.1.1	Sedimentationsverfahren	28
3.2.1.2	Impaktionsverfahren (Andersen-Sampler)	30
3.2.2	Luftkeimkonzentrationsprofile	33
3.2.2.1	Sedimentationsverfahren	33
3.2.2.2	Impaktionsverfahren	38
3.2.3	Korngrößenverteilung	39
3.2.4	Befunde bei Patienten mit Ultraschallvernebler	45
3.3	Qualitative Luftkeimbefunde	50
3.3.1	Nachweishäufigkeit nosokomialer Infektionserreger (NIE)	50
3.3.1.1	Anteil der NIE an Gesamtkeimzahl und Probenzahl	50
3.3.1.2	Nachweishäufigkeit grampositiver und gramnegativer NIE	53
3.3.1.3	Verteilung der Mehrfachbefunde	54
3.3.2	Keimspektrum der nosokomialen Infektionserreger	56
3.3.2.1	Keimspektrum der gramnegativen NIE	56
3.3.2.2	Vergleich der luftmikrobiologischen mit den klinisch-mikrobiologischen Befunden	58
3.3.3	Resistenzprüfung	65
3.3.3.1	Antibiogramme	65
3.3.3.2	Mehrfachresistenzen der verschiedenen Bakterienspecies	70
3.3.3.3	Resistenzen der Bakterienspecies gegen die einzelnen Chemotherapeutika	72
4.	Diskussion	74
4.1	Klinische Befunde der Patienten	74
4.2	Methodischer Vergleich	76
4.3	Quantitative Ergebnisse	77

		Seite
4.4	Qualitative Ergebnisse	79
4.5	Vergleich der Ergebnisse der drei Patientengruppen	82
4.6	Vergleich mit einer Paralleluntersuchung auf der Operationsabteilung	85
5.	Zusammenfassung	86
6.	Literaturverzeichnis	88

Abkürzungen und Symbole

A - C	Stationsuntereinheit
Abstr.	Abstrich
AM	Ampicillin 10 µg
asept.	aseptisch
Beatm.	Beatmung
BL	Blut-Agar
C	Chloramphenicol 30 µg
CB	Carbenicillin 100 µg
CF	Cephalotin 30 µg
E	Erythromycin 15 µg
FIM	Nitrofurantoin 100 µg
fragl.	fraglich
Geschl.	Geschlecht
Ges. Keimz.	Gesamtkeimzahl
GM	Gentamycin 10 µg
Gr.	Gruppe
gramneg.	gramnegativ
grampos.	grampositiv
häm.	hämolysierend
I	Impaktionsverfahren
IPS	Intensivpflegestation
Kath.	Katheter
KBE	koloniebildende Einheiten
KL	Kligler-Agar
klin.	klinisch
künstl.	künstlich
L	Lincomycin 15 µg
m	männlich
ME	mäßig empfindlich
NA	NaCl-Agar
	in Tab. 21 + 23: Nalidixinsäure 30 µg
N. I.	nosokomiale Infektion
NIE	nosokomiale Infektionserreger
OP	Operation
OX	Oxacillin 5 µg

P	Penicillin G 10 µg
Pat.	Patient
pos.	positiv
Prob.	Proben
R	resistent
RLT-Anlage	raumlufttechnische Anlage
S	Sedimentationsverfahren
sept.	septisch
Sonst.	Sonstiges
spec.	species
Stäb.	Stäbchen
TE	Tetracyclin 30 µg
TS	Trypton-Soja-Agar
u./o.	und/oder
UT	Untersuchungstag
VD	Verdacht
w	weiblich
$\bar{x}$	Durchschnittswert (arithmetisches Mittel)
Z. n.	Zustand nach
	Klinisch-mikrobiologischer Status des Patienten:
○	aseptisch
◐	fraglich
●	septisch
+	vorhanden
-	nicht vorhanden
Ø	Befund negativ
I - XX	Patientenkennziffer
I - VI 900 ff.	Kennziffer des Bakterienisolats

1. Einleitung

1.1 Begriffsbestimmung und Rate nosokomialer Infektionen

Nach der "Richtlinie für die Erkennung, Verhütung und Bekämpfung von Krankenhausinfektionen" versteht man unter einer Krankenhausinfektion, auch Hospitalinfektion oder nosokomiale Infektion (N.I.) genannt, "jede durch Mikroorganismen hervorgerufene Infektion, die im kausalen Zusammenhang mit einem Krankenhausaufenthalt steht, unabhängig davon, ob Krankheitssymptome bestehen oder nicht". (5)
So kann es sich bei einer Infektion, die erst nach der Entlassung aus dem Krankenhaus auftritt, ebenfalls um eine N.I. handeln, sofern sie sich mit Sicherheit auf den Krankenhausaufenthalt zurückführen läßt. Maßgebend ist neben den zeitlichen, räumlichen und kausalen Zusammenhängen jedoch auch, daß sich die Infektion zum Zeitpunkt der Krankenhausaufnahme weder in der Inkubationsphase befindet, noch durch klinische oder andere diagnostische Parameter erfaßt werden kann (15).

Weuffen et al. (77) beziehen in die Definition von Hospitalinfektionen auch in anderen Gesundheitseinrichtungen, wie z.B. Kureinrichtungen, Arztpraxen, Sanitätsstellen und Krankentransportfahrzeugen, entstandene Infektionen mit ein.

In den Vereinigten Staaten, wo das Auftreten von nosokomialen Infektionen seit 1969 durch das Center for Disease Control (CDC) überwacht wird, konnte bei der National Nosocomial Infections Study zwischen 1970 und 1979 in 81 Krankenhäusern eine durchschnittliche Infektionsrate von 3,4 % festgestellt werden (2). Nach anderen Angaben aus den USA schwankt die Häufigkeit krankenhauserworbener Infektionen zwischen 2 % und 15 % (48).
In der Bundesrepublik Deutschland, wo die Infektionskontrolle erst allmählich in größerem Rahmen betrieben wird, konnte Daschner (21) eine Infektionsrate von 4,6 % registrieren, während in einer Studie von Marget et al. (66) durchschnitt-

lich 9,8 % nosokomiale Infektionen festgestellt werden konnten, wobei die Rate je nach Abteilung schwankte und auf chirurgischen Intensivstationen 16,8 % erreichte.
Nosokomiale Infektionen erhöhen jedoch nicht nur die Morbidität, sondern sie bildeten, nach Untersuchungen von Daschner et al. (24), auch bei 7,4 % der Patienten die Haupttodesursache und waren bei weiteren 6,3 % für den Tod mitverantwortlich.

Neben den schwerwiegenden medizinischen Folgen für die Patienten müssen auch die durch Krankenhausinfektionen entstehenden Kosten berücksichtigt werden. Durch die Erhöhung der Verweildauer durch N.I., die in den USA durchschnittlich 7,5 Tage beträgt, entstehen zusätzliche Pflege- und Arztkosten sowie Kosten für die Lohnfortzahlung und eventuelle Rehabilitationskosten. 1978 wurden die zusätzlich durch N.I. entstandenen Kosten in den USA auf 1,5 bis 6 Milliarden Dollar geschätzt (41).

1.2 Infektionsgefährdung der Patienten auf der Intensivpflegestation

Die zunehmende Gefährdung der Patienten durch nosokomiale Infektionen ist durch unterschiedliche Faktoren bedingt: Heute kommen zunehmend mehr ältere Patienten zur stationären Behandlung, die durch schwerere Grunderkrankungen und gehäufte Risikofaktoren geschwächte Abwehrkräfte und damit eine überdurchschnittliche Infektionsanfälligkeit besitzen. Viele der schwerstkranken Patienten können durch den medizinisch-apparativen Fortschritt (z.B. Reanimation, Intensivpflegemaßnahmen) länger am Leben gehalten werden. Durch die Entwicklung neuer Anästhesie- und Operationsverfahren können größere und schwerere Operationen, auch an älteren Patienten, durchgeführt werden. Baulich-technische Einrichtungen im Krankenhaus (Abkehr vom Pavillonsystem, Klimaanlagen, zentrale Versorgungs- und Entsorgungseinrichtungen) kön-

nen zur Keimverschleppung führen (1, 15, 32, 44, 61).
Diese Ursachen treffen für alle Krankenhausabteilungen zu, haben insbesondere jedoch für Intensivpflegestationen (IPS) große Bedeutung. Die IPS stellt eine besondere Konzentration schwer- und schwerstkranker Patienten dar, die sehr stark infektionsgefährdet sind oder als Keimträger ihre Umgebung gefährden.
Da bei dieser Patientengruppe häufig besonders eingreifende therapeutische und diagnostische Maßnahmen nötig sind, ergeben sich oft zusätzliche hygienische Probleme. Durch die meisten therapeutischen Eingriffe, die die gestörten Vitalfunktionen der Patienten stabilisieren sollen, wird die Abwehrbarriere von Haut und Schleimhaut durchbrochen. Blasenkatheter, Venenkatheter, Tuben, Trachealkanülen und Drains werden deshalb häufig zu bisher unbekannten Eintrittspforten für Krankheitserreger (1, 20, 25, 45).
Häufig sind die für Therapie und Diagnostik verwendeten Geräte (z.B. Endoskope) nur schwer oder gar nicht sterilisierbar (16, 65) oder bieten in ihren Schlauchsystemen und Wasserbehältern Naß- und Pfützenkeimen gute Vermehrungsmöglichkeiten (10, 40).

Die auf der IPS sehr häufige Anwendung von Antibiotika führte durch falsche Dosierung, Anwendung eines falschen Chemotherapeutikums oder nicht indizierte Antibiotikaprophylaxe zu einer Selektion resistenter Erreger. Zusätzlich bewirkte der umfangreiche Einsatz von Antibiotika eine Verschiebung des Erregerspektrums, so daß heute auf der IPS, wie auch auf anderen Stationen, gramnegative Bakterienspecies im Erregerspektrum überwiegen (47, 65).
Die Bekämpfung dieser Hospitalismuserreger ist problematisch, da sie einerseits aufgrund ihrer hohen Widerstandskraft gegen Umwelteinflüsse und ihrer geringen Nährstoffansprüche in vielen Keimreservoirs außerhalb des menschlichen Körpers überleben und sich vermehren können (13, 40), andererseits durch ausgeprägte natürliche Resistenz sowie erworbene Resistenz gegen viele Chemotherapeutika nicht mehr empfindlich sind.

Eine mögliche Ursache für die besondere Infektionsproblematik auf der IPS ist vermutlich auch darin begründet, daß es sich meist um fakultativ pathogene Keime handelt, durch die sich das gesunde Stationspersonal nicht gefährdet fühlt und vielleicht dadurch, im Gegensatz zu Infektionsstationen, weniger auf hygienisch einwandfreies Verhalten achtet.
Eine Vernachlässigung von Hygienemaßnahmen kann außerdem durch Personalmangel, häufigen Personalwechsel oder überdurchschnittliche Belegungszahlen zustande kommen (20). Zusammenfassend muß festgestellt werden, daß die Patienten auf Intensivstationen durch ihre Grunderkrankungen sowie therapeutische und diagnostische Maßnahmen in besonderem Maße infektionsgefährdet sind.

1.3 Infektionsquellen

Zur Beurteilung und Bekämpfung von N.I. ist die Kenntnis der Infektionsquellen wichtig. Als Infektionsquellen bezeichnet man nach Kanz (44) denjenigen Ort oder die Person, wo sich pathogene Keime vermehren können.
Grundsätzlich muß zwischen endogenen und exogenen Infektionen unterschieden werden (15, 22). Bei den Erregern der endogenen Infektionen handelt es sich um normalerweise apathogene Bakterienspecies, die zur physiologischen Haut- und Schleimhautflora des Menschen gehören. Bei Verschleppung von ihrem Standort durch massive therapeutische Eingriffe oder Verschiebung des Floragleichgewichts durch Antibiotikatherapie können sie jedoch als "opportunistische" Keime besonders bei abwehrgeschwächten Patienten pathogen wirken und schwere Infektionen auslösen. Der Anteil dieser Autoinfektionen wird auf 30 % - 50 % geschätzt (22).

Zu den Quellen exogener Infektionen gehören der infizierte Patient, das Personal und das unbelebte Umfeld (26, 36, 40, 61). Der infizierte Patient spielt nach Meinung vieler Autoren (26, 36, 54) eine wichtige Rolle, wobei tracheotomierte

oder langzeitbeatmete Patienten sowie Patienten mit Blasenkathetern, infizierten Verbrennungen und Decubitalulcera eine besonders starke Streuquelle darstellen.
Beim Personal können Träger von pathogenen Staphylococcen im Nasen-Rachenraum (16, 22, 78, 79) sowie infektiösen Hauterkrankungen (22) Erreger streuen oder durch Hauptabschilferung Keime verbreiten (56). Im Umfeld des Patienten stellen besonders alle Geräte und Orte, die Naß- bzw. Pfützenkeimen Vermehrungsmöglichkeiten bieten (z.B. Beatmungsgeräte, Inhalationsgeräte, Sanitärbereiche) ein erhebliches Keimreservoir dar (10, 29, 40).

1.4 Infektionswege

1.4.1 Kontakt- und Schmierinfektionswege

Eine entscheidende Bedeutung im Infektionsgeschehen kommt den Übertragungswegen zu, über die die Infektionserreger von der Infektionsquelle zum Patienten transportiert werden. Hierbei werden im allgemeinen ein Kontakt- und Schmier- sowie ein aerogener Infektionsweg unterschieden, wobei überwiegend der Kontakt- und Schmierinfektion die größere Bedeutung beigemessen wird (10, 38, 40, 76).
Die Verbreitung der Erreger kann entweder durch direkten Kontakt z.B. mit infizierten Personen oder indirekt durch Transport der Keime über Vehikel wie z.B. Wäsche oder Geräte erfolgen. Eine große Rolle bei der Erregerübertragung spielt das Personal, wobei von verschiedenen Autoren die Bedeutung der Hände als wichtigstem Vehikel besonders betont wird (20, 36, 44, 76). Eine Verbreitung von nosokomialen Infektionserregern (NIE) durch die Kleidung des Personals konnte ebenfalls mehrfach nachgewiesen werden (38, 44, 51).

Neben Personen können alle kontaminierten Gegenstände und Geräte, die bei pflegerischen, therapeutischen und diagnostischen Maßnahmen mit den Patienten in Berührung kommen,

als Vehikel zur Keimübertragung dienen (10, 36, 76).
Auf weitere Einzelheiten des Kontakt- und Schmierinfektionsweges soll hier nicht näher eingegangen werden, es kann jedoch festgestellt werden, daß die Bedeutung dieses Übertragungsweges allgemein anerkannt ist und auch durch experimentelle Untersuchungen nachgewiesen werden konnte (27, 38, 44, 51, 54).

1.4.2 Aerogener Übertragungsweg

Der Beitrag des Luftwegs zum Infektionsgeschehen ist im Gegensatz zum Kontakt- und Schmierinfektionsweg umstritten (28, 40, 74, 76, 79). Von manchen Autoren wird der Anteil aerogen übertragener Infektionen auf ca. 10 % geschätzt, wobei die Häufigkeit jedoch auch vom Infektionsmilieu und der Abwehrkraft des Patienten abhängt (16, 70).
Als gesichert kann jedoch gelten, daß bereits sedimentierte Keime wieder aufgewirbelt oder von Flächen abgelöst werden und in die Raumluft gelangen können (36, 39). Ebenso konnte experimentell nachgewiesen werden, daß durch pflegerische Tätigkeiten sowie durch unsachgemäß durchgeführte therapeutische Maßnahmen eine starke Erhöhung der Luftkeimzahl entstehen kann, wodurch besonders abwehrgeschwächte Patienten gefährdet sind (9, 42, 63).

Die Chirurgen schenkten der Frage der aerogenen Infektionsübertragung schon immer große Beachtung. In den vergangenen Jahrzehnten wurden große Anstrengungen unternommen, um durch immer wirksamere raumlufttechnische Anlagen die Luftkeimzahl in Operationssälen auf ein Minimum zu senken, da man einen Zusammenhang zwischen der Luftkeimzahl und der postoperativen Wundinfektionsrate vermutet. Untersuchungen über diesen Zusammenhang gaben zwar Anhaltspunkte für eine Verringerung von Wundinfektionen durch geringere Luftkeimkonzentrationen (zit. in 30), eine sichere Aussage darüber ist jedoch schwierig, da auch andere Randbedingungen wie z.B. Operationsdauer, Operations- und Nahttechniken oder die Disziplin des OP-Per-

sonals die Infektionsrate beeinflussen können (74). Eine statistische Sicherung der Reduktion der Sekundärheilungsrate von z.B. 2 % auf 1 % ist nach Ansicht von Lidwell (50) nur durch den Vergleich von 2 Gruppen von je 2500 gleichartigen Operationen möglich.

Bei der Frage nach der Bedeutung des aerogenen Infektionswegs muß außerdem berücksichtigt werden, daß die Übergänge zwischen Schmier- und Luftübertragungsweg durchaus fließend sein können, wenn z.B. Keime zuerst auf der Personalkleidung verschleppt und dann sekundär in die Luft aufgewirbelt werden (38, 59).
Lidwell (52) konnte durch Versuche zeigen, daß die Zahl von S. aureus aus einer definierten Quelle, die in der Luft mehrerer Zimmer gefunden wurde, stärker erhöht war, als dies der gemessenen Verbreitung der Luft zwischen den Zimmern entsprochen hätte, die Bakterien also vermutlich nach primärer Verschleppung auf dem Schmierweg sekundär in anderen Zimmern wieder aufgewirbelt wurden.
Die meisten Untersuchungen über die Luftkeimsituation in Operationssälen beschäftigen sich nur mit dem quantitativen Aspekt, da die Höhe der Luftkeimzahl als Kriterium für die Effektivität der RLT-Anlage gilt (12, 14, 30, 71, 75).
Die lufthygienischen Verhältnisse auf der IPS waren dagegen seltener Gegenstand quantitativer Untersuchungen (42, 63).
Eine zusätzliche Differenzierung der in der Luft vorherrschenden Bakterienspecies wurde sowohl in Operationssälen (62, 67) als auch auf IPS (33) nur von wenigen Autoren durchgeführt.

1.5 Ziele

In der vorliegenden Arbeit soll mit Hilfe von zwei unterschiedlichen Untersuchungsverfahren (Sedimentations- und Impaktionsverfahren) die Luftkeimzahl in verschiedenen Patientenzimmern einer chirurgischen IPS gemessen werden, um quan-

titative Aussagen über den "hygienisch-mikrobiologischen Status" der Luft machen zu können.
Da aufgrund von quantitativen Ergebnissen jedoch noch keine Aussagen über die Gefährdung der Patienten gemacht werden können, wird insbesondere untersucht, ob und im welchem Umfang nosokomiale Infektionserreger in der Raumluft der Patienten nachzuweisen sind. Es soll außerdem geprüft werden, ob Zusammenhänge zwischen dem klinisch-mikrobiologischen Status des Patienten und der Zahl und Art der ihn umgebenden Luftkeime bestehen.

2. Material und Methoden

2.1 Operative Intensivpflegestation

2.1.1 Bauliche Voraussetzungen

Die Untersuchungen erfolgten auf der operativen Intensivpflegestation (IPS) eines großen städtischen Krankenhauses, welches aufgrund seiner Bettenzahl (1500 Betten) und der vertretenen Fachrichtungen einem Universitätsklinikum vergleichbar ist.
Die chirurgische IPS wurde vor ca. 10 Jahren errichtet und entspricht heutigem Ausstattungsstandard. Die räumliche Gliederung der Station in drei voneinander getrennte Untereinheiten (A-C) ist aus dem Grundriß (Abb. 1) ersichtlich. Jede Untereinheit umfaßt 4-5 Patientenzimmer, die als Einbettzimmer genutzt werden.

Die Station kann interdisziplinär von allen chirurgischen Fachgebieten genutzt werden, wobei der überwiegende Teil der Patienten von den Abteilungen Abdominalchirurgie, Urologie und Traumatologie stammt.

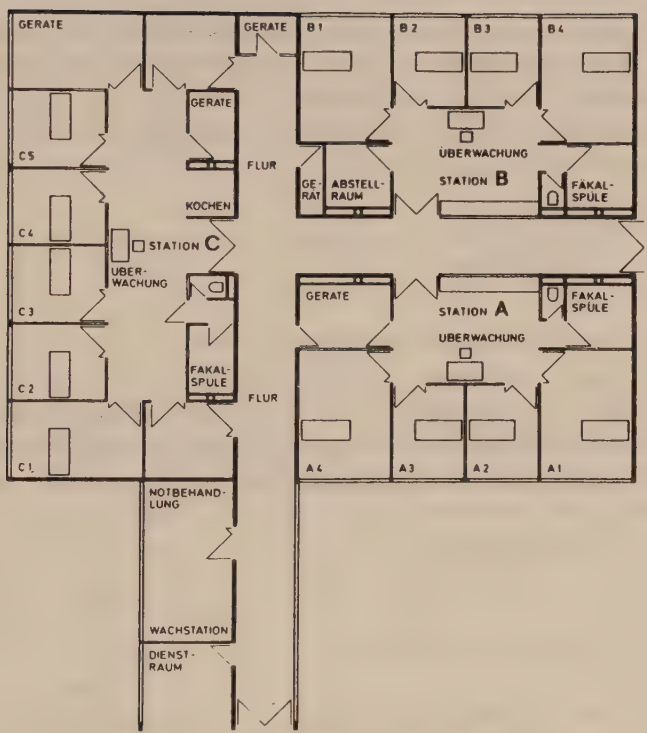

Abb. 1: Grundriß der operativen Intensivpflegestation

2.1.2 Versorgung der Patienten

Die Ver- und Entsorgung der Patienten ist auf jeder Subeinheit weitgehend dezentral organisiert, während die medizinische Betreuung nicht nach Patienten oder Subeinheiten getrennt erfolgt.

2.1.3 Klimaanlage

Die Klimatisierung der Station erfolgt durch eine konventionelle raumlufttechnische (RLT-)Anlage mit zweistufiger Filtration und 10-fachem Luftwechsel.
Die Raumlufttemperatur beträgt durchschnittlich 22°C, die relative Luftfeuchtigkeit 60 %.

2.2 Probennahme

2.2.1 Untersuchungszyklus

Die Untersuchung wurde an 6 Versuchstagen in einwöchigem Abstand durchgeführt. Pro Untersuchungstag wurden 4 Patienten erfaßt und ihre Raumluft quantitativ und qualitativ auf das Vorkommen von Bakterien untersucht. In 4 Fällen wurden Patienten zweimal erfaßt.

2.2.2 Patienteneinteilung

Die Patienten wurden anhand ihres klinisch-mikrobiologischen Status in drei Kategorien unterteilt:
- Aseptische Patienten
- Fragliche Patienten
- Septische Patienten

Die Zuordnung der Patienten zur aseptischen Gruppe erfolgte entweder aufgrund von Angaben des medizinischen Stationspersonals oder negativen klinisch-mikrobiologischen Befunden.
Bei den septischen Patienten dienten positive klinisch-mikrobiologische Befunde als Kriterium, wohingegen die restlichen Patienten der sogenannten "fraglichen" Gruppe zugerechnet wurden, da trotz fehlender klinisch-mikrobiologischer Befunde eine mikrobielle Kontamination nicht auszuschließen war.
Tabelle 1 zeigt, daß insgesamt 7 Patienten der aseptischen,

Patienten-gruppe	Patienten-zahl n	%
aseptisch	7	29,2
fraglich	8	33,3
septisch	9	37,5
Gesamt	24	100,0

Tab. 1 Untersuchtes Patientenkollektiv

8 der fraglichen und 9 Patienten der septischen Gruppe zugeordnet werden konnten. Es wurde nach Möglichkeit versucht, die Patienten gleichmäßig aus den 3 Stationseinheiten auszuwählen. Der Belegungsplan (Tab. 2) gibt einen Überblick über das während der Studie untersuchte Patientenkollektiv.

Unter-einheit	Patienten-gruppe	Untersuchungstag 1	2	3	4	5	6	1-6
	aseptisch	-	1	-	-	1	-	2
A	fraglich	-	-	-	-	-	1	1
	septisch	-	-	-	-	-	-	-
	aseptisch	1	-	1	1	-	1	4
B	fraglich	1	1	-	-	2	-	4
	septisch	2	1	1	1	1	-	6
	aseptisch	-	-	-	-	-	1	1
C	fraglich	-	-	1	1	-	1	3
	septisch	-	1	1	1	-	-	3
Gesamt	aseptisch	1	1	1	1	1	2	7
	fraglich	1	1	1	1	2	2	8
	septisch	2	2	2	2	1	-	9

Tab. 2 Belegungsplan der Stationsuntereinheiten an den 6 Untersuchungstagen

2.2.3 Probennahmeverfahren

2.2.3.1 Impaktionsverfahren

Für die quantitative Bestimmung des Luftkeimgehalts wurde der Andersen-Kaskaden-Impaktor gewählt. Hiermit ist eine quantitative Erfassung der schwebefähigen Luftkeime und gleichzeitige Auftrennung des Aerosols in Abhängigkeit von der Partikelgröße möglich.

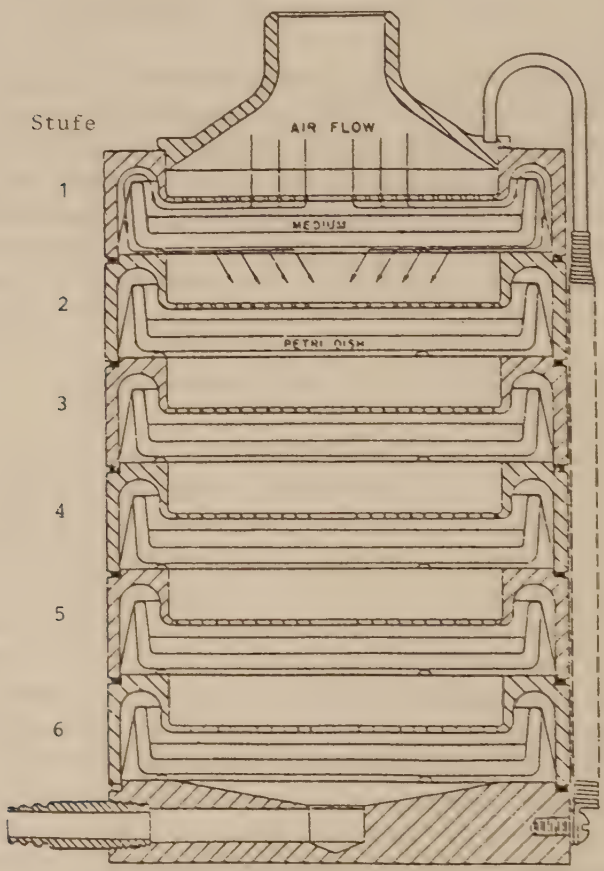

Abb. 2 Schematische Darstellung des Andersen-Samplers (mod. nach 7)

Abbildung 2 zeigt das Funktionsprinzip des Luftkeimsammlers, der aus einem Turm von 6 Siebplatten mit nach unten abnehmender Lochgröße besteht, wodurch eine von oben nach unten zunehmende Strömungsgeschwindigkeit entsteht, so daß auch eine Abscheidung sehr kleiner Partikel aufgrund ihrer Beschleunigung erzielt werden kann.
Das Gerät war auf eine Saugleistung von 1630 l/h geeicht, was einer Durchflußrate von 271,67 l/10 min Versuchsdauer entspricht.

2.2.3.2 Sedimentationsverfahren

Parallel zu den Messungen mit dem Andersen-Impaktor wurde das Sedimentationsverfahren angewandt, das auf das von Koch 1881 entwickelte Absetzverfahren zurückgeht. Es handelt sich hierbei, im Gegensatz zur Impaktionsmethode, um ein semiquantitatives Verfahren, da nur sedimentationsfähige keimhaltige Partikel erfaßt werden.
Durch die Analogie des Verfahrens zur natürlichen Keimsedimentation kann festgestellt werden, in welchem Ausmaß Luftkeime auf Patienten und ihrem Umfeld sedimentieren. Außerdem ist bei dieser Methode von Vorteil, daß mehrere Untersuchungen gleichzeitig ohne Belastung der Patienten oder größeren personellen oder apparativen Mehraufwand möglich sind.

2.2.4 Probennahmezeiten und -ort

Der Andersen-Sampler wurde 2 h pro Patientenzimmer eingesetzt, wobei die Ansaugzeit pro Probe 10 min betrug. Die Sedimentationsplatten (Duplikate, Ø 100 mm) wurden 7 h pro Patientenzimmer angewandt, wobei die Expositionszeit jeweils 1 h betrug.
Sowohl der Andersen-Impaktor als auch die Sedimentationsplatten wurden in unmittelbarer Nähe des Patienten (möglichst am Kopfende des Betts) in 1 m Höhe exponiert.

Unter-	Untersuchungstag 1			2			3			4			5			6		
einheit	Pat.	I	S	Pat.	I	S	Pat.	I	S	Pat.	I	S	Pat.	I	S	Pat.	I	S
A	-	-	-	I	8	7	-	-	-	-	-	-	XIII	16	7	XVIII	15	7
B	I	8	7	V	8	7	VIII	12	7	VIII	16	7	XIV	16	6	XVII	15	7
	II	8	7	VI	8	7	IX	12	7	IX	16	7	XV	15	7	-	-	-
	III	8	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	XVI	16	7	-	-	-
	IV	8	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C	-	-	-	VII	8	7	IV	12	6	XI	4	5	-	-	-	XIX	15	7
	-	-	-	-	-	-	X	12	6	XII	16	7	-	-	-	XX	15	7
Gesamt		32	28		32	28		48	26		52	26		63	27		60	28

Tab. 3 Probenplan: Anzahl der Proben pro Patient und Untersuchungstag

Tabelle 3 gibt einen zusammenfassenden Überblick über Anzahl und Sammelorte der Proben, wobei die unterschiedliche Probenzahl an den einzelnen Versuchstagen durch technische Ursachen (Benutzung eines 2. Samplers bzw. Motorschaden eines Geräts) oder patientenbedingt (Exitus) zustande kam.

2.2.5 Verwendete Nährmedien

Es wurden 6 verschiedene Nährmedien parallel im Impaktions- und Sedimentationsverfahren eingesetzt. Ziel war dabei sowohl die Überprüfung ihrer Verwendbarkeit hinsichtlich Luftkeimausbeute und Selektivität als auch der Verwendbarkeit für beide Verfahren. Im einzelnen wurden folgende Nährböden verwendet:

1. Trypton-Soja-Agar[1] (TS-Agar);
2. TS-Agar mit Zusatz von defibriniertem Hammelblut (5 % Endkonzentration) - sog. "Blut Agar" -
   die auch Bakterien mit komplexen Wachstumsansprüchen eine Vermehrung ermöglichen;
3. Endo-Agar, zum Nachweis laktoseabbauender gramnegativer Stäbchen;
4. Eisen-Zweizucker-Agar nach Kligler[2] - sog. "Kligler-Agar" - zum Hinweis auf gramnegative Stäbchen;
5. TS-Agar mit Zusatz von NaCl (10 % Endkonzentration) - als NaCl-Agar bezeichnet - zur Selektion von pathogenen Staphylococcen;
6. Sabouraud-Dextrose-Agar,[3] zur Selektion von Pilzen.

Hierzu noch einige Anmerkungen:
ad 5: Um die günstigste NaCl-Konzentration zur Selektion der pathogenen Staphylococcen herauszufinden, wurde in der 1. Versuchswoche TS-Agar mit 6,5 % bzw. 15 % NaCl-Zusatz verwendet. Da jedoch das Wachstum anderer Keime bei 6,5 % kaum bzw.

---

1) Hersteller: Fa Oxoid GmbH, Poppelbaumstr. 18-20, 4230 Wesel 1
2) Hersteller: Fa. E. Merck, Postfach 4119, 6100 Darmstadt
3) Hersteller: Fa. E. Merck, Postfach 4119, 6100 Darmstadt

bei 15 % vollständig bei allen Keimen unterdrückt wurde, wurde ab der 2. Versuchswoche nur noch mit 10 % NaCl-Zusatz gearbeitet.
ad 6.: Da auf Sabouraud-Agar in der 1. Versuchswoche nur wenige Kolonien gefunden wurden, wurde beim Impaktionsverfahren ab der 2. Woche stattdessen Endo-Agar verwendet, da dieser zur Selektion gramnegativer Stäbchen wichtiger erschien. Sabouraud-Agar wurde ab der 2. Woche beim Sedimentationsverfahren verwendet.

Um die Probenzahl trotz der Verwendung verschiedener Nährmedien in Grenzen zu halten, wurden beim Impaktionsverfahren im Wechsel zwei- und dreigeteilte Petrischalen verwendet (2/2-Platten mit Blut- und TS-Agar; 3/3-Platten mit Endo-, Kligler- und NaCl-Agar).

2.3 Bakteriendiagnostik

2.3.1 Bestimmung der Gesamtkeimzahl

Die Proben wurden 48 h bei 37°C bebrütet. Anschließend wurden die Kolonien makroskopisch oder unter Zuhilfenahme einer Plattenlupe ausgezählt und jeweils auf koloniebildende Einheiten (KBE) pro m^3 Luft beim Impaktionsverfahren bzw. auf KBE/100 cm^2xh beim Sedimentationsverfahren umgerechnet.

2.3.2 Bakteriendifferenzierung

2.3.2.1 Auswahl der Keime

Der Umfang des angefallenen Materials machte eine Auswahl der weiterzudifferenzierenden Keime nötig.
Da im Rahmen dieser Untersuchung nach Hinweisen für nosokomiale Infektionserreger (NIE) in der Luft gesucht und nicht ein repräsentativer Querschnitt der in der Luft vorhandenen

Keime erstellt werden sollte, wurde auf eine Auswahl der Keime nach statistischen Methoden verzichtet. Bei der Auswahl wurden berücksichtigt:
Alle auf Endo-Agar gewachsenen Kolonien (Suche nach gramnegativen NIE).
Mindestens 5 Kolonien von Blut-Agar mit möglichst ausgeprägter ß-Hämolyse und typischer Staphylococcus aureus-Morphologie (pro Patient).
Bei aseptischen Patienten wurden alle auf Blut-Agar vorhandenen Kolonien näher untersucht.

2.3.2.2 Diagnostik der gramnegativen Stäbchen (Enterobacteriaceae und Pseudomonadaceae)

Zur weiteren Differenzierung der auf Endo-Agar gewachsenen Kolonien wurde neben der Koloniemorphologie die Gram-Färbung herangezogen. Alle so als gramnegative Stäbchen identifizierten Keime wurden anschließend aufgrund ihrer biochemischen Stoffwechselleistungen mit dem Api[1)] 20-E-System differenziert.
Bei Verdacht auf Pseudomonas aeruginosa erfolgte die Überprüfung von Wachstum und Pyocyaninbildung bei 42°C auf Pyocyanosel[2)]-Agar.

2.3.2.3 Diagnostik der grampositiven Kokken

2.3.2.3.1 Micrococcaceae

Die selektierten Bakterienkolonien wurden vor der Weiterverarbeitung auf Blut-Agar subkultiviert und anschließend folgende Merkmale untersucht.

---

1) Hersteller: Fa. Api-Bio Merieux GmbH, Werastr. 25, 7440 Nürtingen
2) Hersteller: Fa. Api-Bio Merieux GmbH, Werastr. 25, 7440 Nürtingen

- Koloniemorphologie
- Ausprägung der Hämolyse
- Verhalten bei der Gram-Färbung

Alle grampositiven Kokken wurden zur weiteren Differenzierung einer Reihe von biochemischen Testverfahren unterzogen:

- Prüfung des anaeroben Wachstums im Anaerobentopf nach Brewes und Allgeier (37)
- Säurebildung auf Mannit-NaCl-Agar[1] nach Chapmann (17)
- Nachweis der Katalaseaktivität auf TS-Agar
- Nachweis des Enzyms Phosphatase nach Angaben von King (46) und/oder Satta et al. (64)
- Prüfung der DNase-Aktivität auf DNase-Agar[2]
- Nachweis der Plasmacoagulaseaktivität[3] nach 2, 4 und 24 h

Stämme, die Säurebildung auf Mannit-NaCl-Agar sowie positive Phosphatase-, DNase- und Plasmacoagulase-Reaktionen zeigten, wurden als Staphylococcus aureus klassifiziert. Alle anderen anaerob wachsenden Keime, die alle genannten Reaktionen, jedoch negative Plasmacoagulase-Reaktion zeigten, wurden als Staphylococcus species gewertet und nicht weiter differenziert.

2.3.2.3.2 Streptococcaceae (Fäkalstreptokokken)

Da Fäkalstreptokokken als Hospitalismuserreger ebenfalls eine Rolle spielen (1, 55), wurden sie nach folgendem Schema differenziert:

- Typische Koloniemorphologie
- Gram-Verhalten (grampositiv, kettenförmige Anordnung)
- Positiver Ausfall der Äsculinprobe

Konnten die genannten drei Charakteristika nachgewiesen wer-

---

1) Hersteller: Fa. Oxoid GmbH, Wesel
2) Hersteller: Fa. Oxoid GmbH, Wesel
3) Kaninchenplasma; Hersteller: Inst. Pasteur, Dr. E. Fresenius KG, Borkenberg 14, 6370 Oberursel/Ts. 1

den, wurden die Erreger als Fäkalstreptokokken betrachtet.

2.3.3 Resistenzprüfung

Alle differenzierten Bakterienstämme wurden einer Resistenzprüfung unterzogen.
Die Testung der Antibiotikaempfindlichkeit wurde im Agardiffusionstest nach den Richtlinien des DIN-Entwurfs 58940 (6) durchgeführt.
Es wurde das Verhalten gegen folgende Antibiotika[1)] geprüft: Nalidixinsäure 30 µg, Nitrofurantoin 100 µg, Penicillin G 10 µg, Oxacillin 5 µg, Ampicillin 10 µg, Carbenicillin 100 µg, Cephalotin 30 µg, Erythromycin 15 µg, Lincomycin 15 µg, Gentamycin 10 µg, Tetracyclin 30 µg, Chloramphenicol 30 µg.

3. Ergebnisse

3.1 Klinische Befunde der Patienten

3.1.1 Patientendaten

In den Tabellen 4 - 6 finden sich nähere Angaben zu den erfaßten Patienten, wobei die klinischen Daten aus den Krankenakten entnommen wurden.
Unterteilt in aseptische (Tab. 4), fragliche (Tab. 5) und septische Patienten (Tab. 6) sind in den Tabellen Alter, Geschlecht, Grunderkrankung, therapeutische Eingriffe und Chemotherapeutika sowie Hinweise auf den Untersuchungstag und den Unterbringungsort des Patienten (vgl. Tab. 2) aufgelistet.

---

1) Testplättchen; Hersteller: Fa. Becton and Dickinson, Postfach 101629, 6900 Heidelberg

Pat.	Alter Geschl.	UT	Unter-einheit	Grundleiden Operation	Therapeutische Eingriffe: Blasen-kath.	Venen-kath.	künstl. Beatm.	Wund-drain	Sonst.	Chemotherapie (Generic name)
I	37	1	B	Contusio cerebri	+	-	-	-	-	Amoxycillin
	m	2	A	Schädelkalottenfraktur	-	-	-	-	-	
				OP: -						
VIII	79	3	B	Femoralisverschluß	+	+	-	-	-	Cefoxitin
	w	4	B	OP: Embolektomie	-	-	-	-	-	Cefuroxim
XIII	51	5	A	VD auf Schädel-Hirn-	-	-	-	-	-	-
	w			Trauma						
				OP: -						
XVII	19	6	B	VD auf Contusio cerebri	-	+	-	-	-	-
	m			m. Subarachnoidalblutung						
				OP: -						
XIX	69	6	C	Ovarialcarcinom, Dünndarm-	+	+	(+)	+	-	Cefuroxim
	w			ileus, Pneumonie			Nasen-			Gentamycin
				OP: Ileotransversostomie			sonde			

Tab. 4 Klinische Daten der Patienten I. Aseptische Patienten

Pat.	Alter Geschl.	UT	Unter-einheit	Grundleiden Operation	Therapeutische Eingriffe Blasen-kath.	Venen-kath.	künstl. Beatm.	Wund-drain	Sonst.	Chemotherapie (Generic name)
III	76 w	1	B	Dünndarmgangrän pulmonale Infiltration OP: Dünndarmteilresektion	+	+	(+) Nasen-sonde	+	Magen-sonde	Mezlocillin
V	84 m	2	B	Gallenblasenempyem Pneumonie OP: -	+	+	-	-	-	Cephacetril
X	74 w	3	C	Rectumcarcinom OP: Rectumamputation Anus praeter	+	+	-	+	Magen-sonde Vernebler	Cefoxitin
XI	66 m	4	C	Perforiertes Magenulcus Peritonitis OP: Übernähung	+	+	+	+	Magen-sonde	Cephacetril
XIV	73 m	5	B	Ulcusblutung, Ösophagus-varizenblutung, Lungenödem OP: Billroth II	+	+	+	-	Senk-staken-sonde	Cefuroxim
XV	69 w	5	B	Rectumadenom OP: Rectumresektion Anus praeter	+	+	-	+	-	Cefoxitin

Tab. 5 Klinische Daten der Patienten II. Fragliche Patienten

Pat.	Alter Geschl.	UT	Unter-einheit	Grundleiden Operation	Therapeutische Eingriffe: Blasen-kath.	Venen-kath.	künstl. Beatm.	Wund-drain	Sonst.	Chemotherapie (Generic name)
XVIII	65 w	6	A	Schilddrüsencarcinom OP: Neck dissection Tracheotomie	-	-	-	-	Vernebler Tracheal-kanüle	-
XX	73 m	6	C	Prostatacarcinom OP: Transurethrale Elektroresektion	+	+	(+) Nasen-sonde	-	Magen-sonde	Cefazedon

Fortsetzung von Tab. 5 Klinische Daten der Patienten II. Fragliche Patienten

Pat.	Alter Geschl.	UT	Unter-einheit	Grundleiden Operation	Therapeutische Eingriffe Blasen-kath.	Venen-kath.	Künstl. Beatm.	Wund-drain	Sonst.	Chemotherapie (Generic name)
II	77 m	1	B	Perforiertes Ulcus duodeni chron. Emphysembronchitis OP: Übernähung	+	+	(+) Nasen-sonde	-	Vernebler	Mezlocillin Cephalotin
IV	67 w	1	B	Blasencarcinom OP: Blasenresektion (OP nach Coffey)	+ (Rectal-drain)	+	+	+	-	Amoxycillin Gentamycin
		3	C	Anus praeter	+	+	(+) Nasen-sonde	+	Magen-sonde	Mezlocillin Securopen Tobramycin
VI	60 m	2	B	Sigmacarcinom OP: Sigmaresektion	-	+	-	+	-	Mezlocillin
VII	42 m	2	C	Sigmaperforation Peritonitis Bauchdeckenabszeß OP: Übernähung	-	+	-	+	-	Gentamycin

Tab. 6 Klinische Daten der Patienten III. Septische Patienten

Pat.	Alter Geschl.	UT	Unter-einheit	Grundleiden Operation	Therapeutische Eingriffe: Blasen-kath.	Venen-kath.	künstl. Beatm.	Wund-drain	Sonst.	Chemotherapie (Generic name)
IX	71 m	3	B	VD auf Magenperforation Pneumonie	+	+	-	+	Magen-sonde	Gentamycin Cephacetril
		4	B	OP: Probelaparatomie	+	+	(+) Nasen-sonde	-	-	
XII	81 w	4	C	Anurie durch Z.n. Radiatio Pneumonie OP: Nierenfistel	+ (+ Nieren-fistelkath.)	+	-	-	Magen-sonde Vernebler	Ampicillin Cephacetril
XVI	67 w	5	B	Ulcusblutung OP: Billroth I	+	+	(+) Nasen-sonde	-	-	Gentamycin

Fortsetzung von Tab. 6 Klinische Daten der Patienten III. Septische Patienten

Es wurde die Raumluft von 12 weiblichen und 12 männlichen Patienten untersucht, deren Durchschnittsalter bei 70,3 (51 - 81 Jahre) bzw. 58,8 Jahren (19 - 84 Jahre) lag. Das Durchschnittsalter aller Patienten lag bei 64,8 Jahren.
Betrachtet man die Altersverteilung in den drei Patientenkollektiven, so fällt auf, daß die Patienten der aseptischen Gruppe mit durchschnittlich 53,0 Jahren (19 - 79 Jahre) jünger waren als die Patienten der septischen Gruppe (Durchschnittsalter 67,0 Jahre, 42 - 81 Jahre) und der fraglichen Gruppe, die mit durchschnittlich 72,5 Jahren (65 - 84 Jahre) das älteste Kollektiv darstellten.

Die Angaben der Grundleiden und Operationen kennzeichnen die Schwere des Krankheitsbildes und geben Hinweise auf eine mögliche Infektionsanfälligkeit, aber auch auf eine eventuelle Infektionsgefährdung anderer Patienten, z.B. durch Patienten mit einer Pneumonie.
Genaue Angaben über die klinisch-mikrobiologischen Befunde finden sich im Zusammenhang mit den Raumluftbefunden in Tabelle 17, 18 u. 19.

Beim überwiegenden Teil der Patienten (11 Patienten) waren abdominalchirurgische Eingriffe notwendig, bei drei Patienten wurden urologische, bei zwei weiteren Patienten allgemeinchirurgische Operationen durchgeführt. Bei 4 Patienten war keine operative Therapie erforderlich.
Ferner finden sich Angaben über die Anwendung von verschiedenen therapeutischen Eingriffen, worauf im folgenden noch näher eingegangen werden soll.

Die Aufstellung über die angewandten Chemotherapeutika zeigt, daß 21 von 24 Patienten Antibiotika erhielten, wobei hauptsächlich Cephalosporine, Penicilline und Gentamycin verabreicht wurden.

3.1.2 Therapeutische Eingriffe

Tabelle 7 und 8 geben einen genaueren Einblick in Art und Umfang der durchgeführten therapeutischen Eingriffe, da dadurch die Gefahr einer Keimeinschleppung für den Patienten gegeben ist.

Therapeutischer Eingriff	*Anzahl*	*% der Eingriffe*
Venenkatheter	*19*	*27,1*
Blasenkatheter	*17*	*24,3*
Beatmung (incl. O_2-Nasensonde)	*10*	*14,3*
Wunddrain	*10*	*14,3*
Magensonde	*8*	*11,4*
Ultraschallvernebler	*4*	*5,7*
Trachealkanüle	*1*	*1,4*
Senkstakensonde	*1*	*1,4*
Gesamt	*70*	*100*

Tab. 7 Art und Häufigkeit der durchgeführten therapeutischen Eingriffe

Aus Tabelle 7 ist zu entnehmen, daß am häufigsten Venen- und Blasenkatheter (27,1 % bzw. 24,3 %) gelegt wurden. Beatmungsmaßnahmen und Wunddrainage kamen bei je 14,3 % der Eingriffe zum Einsatz, während Trachealkanülen und Senkstakensonden nur je einmal benutzt wurden.
Anhand von Tabelle 8, in der die Eingriffe nach den betroffe-

nen Organsystemen zusammengefaßt wurden, soll die Häufigkeit der Eingriffe für die drei Patientengruppen dargestellt werden.

Eingriff an	*aseptische Patienten*		*fragliche Patienten*		*septische Patienten*		*Gesamt*	
	n	*%*	*n*	*%*	*n*	*%*	*n*	*%*
Gefäßsystem (z.B. Venenpunktion)	*3*	*42,9*	*7*	*87,5*	*9*	*100*	*19*	*79,1*
Ableitende Harnwege	*3*	*42,9*	*7*	*87,5*	*7*	*77,8*	*17*	*70,8*
Atemwege	*1*	*14,9*	*7*	*87,5*	*7*	*77,8*	*15*	*62,5*
Wunde	*1*	*14,3*	*4*	*50,0*	*5*	*55,6*	*10*	*41,7*
Magen-Darm-Trakt	*0*	*0*	*5*	*62,5*	*4*	*44,4*	*9*	*37,5*

Tab. 8 Häufigkeit therapeutischer Eingriffe an verschiedenen Organsystemen (vgl. Tab. 7)

Es fällt auf, daß bei den aseptischen Patienten seltener therapeutische Maßnahmen durchgeführt wurden als bei den fraglichen und den septischen Patienten; bei den letzteren beiden Gruppen wurden alle Eingriffe etwa gleich häufig durchgeführt.
Am häufigsten (79,1 %) wurden bei allen Patienten Eingriffe am Gefäßsystem durchgeführt, wobei die Rate zwischen 100 % bei den septischen und 42,9 % bei den aseptischen Patienten schwankte. Mit einem Anteil von 70,8 % war die Häufigkeit der therapeutischen Maßnahmen an den ableitenden Harnwegen beim Gesamtkollektiv und bei den septischen Patienten (77,8 %) etwas geringer, bei der aseptischen und der fragli-

chen Gruppe jedoch ebenso häufig wie die Eingriffe am Gefäßsystem. Am Magen-Darm-Trakt wurden mit einer Häufigkeit von 0 % - 62,5 % die wenigsten therapeutischen Eingriffe durchgeführt.
Insgesamt muß festgestellt werden, daß die häufige Anwendung verschiedener therapeutischer Maßnahmen (37,5 % - 79,1 %) eine Infektionsgefährdung für die Patienten darstellt.

3.2 Quantitative Luftkeimbefunde

3.2.1 Durchschnittliche Luftkeimkonzentration

3.2.1.1 Sedimentationsverfahren

Tabelle 9 zeigt die quantitativen Ergebnisse des Sedimentationsverfahrens, wobei für jeden Patienten sowie für die drei Patientengruppen die durchschnittlichen Luftkeimkonzentrationen angegeben sind, die auf den Nährmedien Blut-, TS-, Kligler- und NaCl-Agar gemessen wurden.
Die Ergebnisse für Endo- und Sabouraud-Agar wurden nicht aufgeführt, da die Durchschnittswerte unter 1 KBE/100 cm²xh lagen.
In Abbildung 3 sind die durchschnittlichen Luftkeimkonzentrationen, nach Patientengruppen getrennt, für die vier Nährmedien graphisch dargestellt.
Bei Verwendung von Blut-, TS- und Kligler-Agar liegt die durchschnittliche Luftkeimkonzentration in einer Größenordnung von 10 KBE/100 cm²xh, bei NaCl-Agar bei 3 KBE/cm²xh. Ein Vergleich der Durchschnittswerte des gleichen Nährmediums bei den drei Patientengruppen zeigt, daß die Ergebnisse nicht oder nur wenig differieren, daß also keine gruppenspezifischen Raumluftbefunde erhoben werden konnten.
Für die Verwendung der vier Nährmedien ergaben sich relativ ähnliche Ergebnisse. Die höchsten Koloniezahlen (als arithmetischer Mittelwert) wurden bei den meisten Patienten auf Blut- und TS-Agar gefunden (Blut-Agar durchschnittlich 10 -

Patienten-gruppe	Patient	KBE/ 100 cm^2 xh							
		BL	$\bar{x}$	TS	$\bar{x}$	KL	$\bar{x}$	NA	$\bar{x}$
aseptisch	I	9		8		14		7	
	I	7		7		7		3	
	VIII	11		9		4		2	
	VIII	6	10	7	10	3	7	1	3
	XIII	9		9		3		5	
	XVII	15		14		9		3	
	XIX	14		18		9		1	
fraglich	III	9		6		6		4	
	V	8		7		8		3	
	X	11		10		8		4	
	XI	21	15	16	14	10	9	3	3
	XIV	24		21		6		6	
	XV	8		7		4		1	
	XX	21		31		22		2	
septisch	II	5		6		5		3	
	IV	6		5		6		4	
	IV	6		7		5		2	
	VI	10	10	9	9	10	9	4	4
	VII	20		19		32		10	
	IX	3		3		2		2	
	IX	14		11		6		3	
	XVI	14		11		4		4	

Tab. 9 Durchschnittliche Luftkeimkonzentration bei den verschiedenen Patientengruppen
Sedimentationsverfahren (KBE/ 100 cm^2 x h)

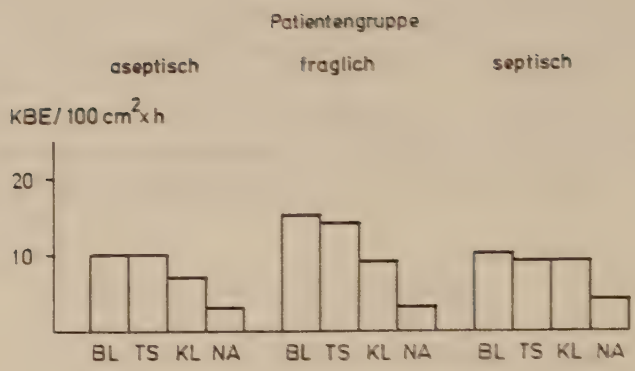

Abb. 3 Durchschnittliche Luftkeimkonzentrationen Sedimentationsverfahren (KBE/100 cm²xh)

15 KBE/100 cm²xh; TS-Agar 9 - 14 KBE/100 cm²xh), jedoch lagen die Ergebnisse auf Kligler-Agar mit durchschnittlich 7 - 9 KBE/100 cm²xh nur wenig niedriger. Die Ergebnisse des NaCl-Agars mit durchschnittlich nur 3 - 4 KBE/cm²xh lassen sich durch die Selektivität dieses Nährmediums erklären. Insgesamt läßt sich, auch bei den Einzelwerten, besonders für Blut- und TS-Agar, aber auch für Kligler-Agar, eine gute Übereinstimmung der Ergebnisse feststellen.

3.2.1.2 Impaktionsverfahren (Andersen-Sampler)

Tabelle 10 gibt einen Überblick über die mit dem Impaktionsverfahren ermittelten Luftkeimkonzentrationen. Dabei sind (analog zu Tab. 9) die durchschnittlichen Luftkeimzahlen jedes Patienten sowie die Durchschnittswerte jeder Gruppe angegeben. Auch hier wurden die Ergebnisse auf Endo-Agar mit durchschnittlich nur 0 - 9 KBE/m³ nicht berücksichtigt. Abbildung 4 zeigt die graphische Darstellung der Ergebnisse.

Patienten-gruppe	Patient	KBE/ m^3 BL	$\bar{x}$	TS	$\bar{x}$	KL	$\bar{x}$	NA	$\bar{x}$
aseptisch	I	114		63		92		62	
	I	114		72		77		44	
	VIII	32		12		13		9	
	VIII	55	118	54	104	48	68	12	32
	XIII	147		171		66		37	
	XVII	238		226		118		44	
	XIX	126		131		62		19	
fraglich	III	52		46		118		29	
	V	122		74		91		44	
	X	80		44		22		44	
	XI	151	111	133	106	155	79	44	30
	XIV	146		187		58		32	
	XV	64		80		33		5	
	XX	162		178		74		14	
septisch	II	68		50		88		62	
	IV	90		44		114		44	
	IV	42		16		18		29	
	VI	100	68	39	46	33	52	6	25
	VII	98		70		41		25	
	IX	45		22		28		11	
	IX	40		34		56		6	
	XVI	65		90		34		18	

Tab. 10 Durchschnittliche Luftkeimkonzentration bei den verschiedenen Patientengruppen
Impaktionsverfahren (KBE/ m^3)

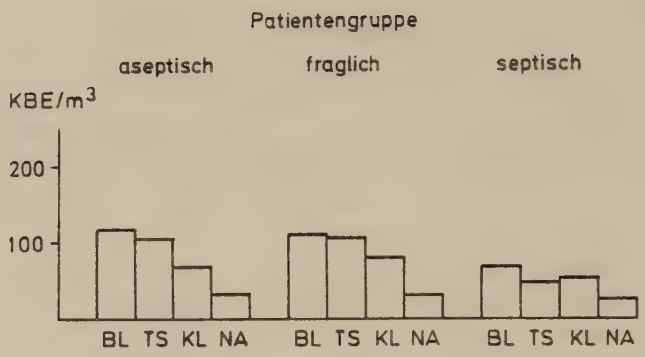

Abb. 4 Durchschnittliche Luftkeimkonzentrationen
Impaktionsverfahren (KBE/m³)

Für die Gruppen der aseptischen und der fraglichen Patienten ergeben sich bei allen Nährböden ziemlich übereinstimmende Durchschnittswerte, während für die septischen Patienten niedrigere Durchschnittswerte gefunden wurden.
So betrugen z.B. die Werte für die aseptischen und fraglichen Patienten auf Blut-Agar 118 bzw. 111 KBE/m³, für die septischen Patienten 68 KBE/m³ Luft.

Ein Vergleich der vier Nährböden zeigt, daß für Blut- und TS-Agar in der Regel höhere Keimzahlen gemessen wurden, daß insgesamt jedoch eine relativ gute Übereinstimmung der Ergebnisse festgestellt werden kann.
Für NaCl-Agar wurden deutlich niedrigere Keimzahlen gemessen, die auch keine so gute Parallelität zu den übrigen Ergebnissen erkennen lassen, was, wie bereits erwähnt, durch die Selektivität des Nährmediums begründet werden kann.

3.2.2 Luftkeimkonzentrationsprofile

3.2.2.1 Sedimentationsverfahren

Nach dem Überblick über die durchschnittlichen Luftkeimkonzentrationen sollen im folgenden die Ergebnisse der Einzelmessungen bei den Patienten näher betrachtet werden.
Die Abbildungen 5 - 8 zeigen die Luftkeimkonzentrationsprofile für die Nährmedien Blut-, TS-, Kligler- und NaCl-Agar, aufgenommen mit dem Sedimentationsverfahren, wobei auf der x-Achse der Zeitverlauf, auf der y-Achse die Anzahl der koloniebildenden Einheiten (KBE) pro 100 Quadratzentimeter und Stunde angegeben sind. Die Reihenfolge der Profile entspricht der Reihenfolge der Untersuchung der Patienten an den 6 Versuchstagen, wobei unter jedem Profil die jeweilige Patientenkennziffer sowie das Symbol für den klinisch-mikrobiologischen Status des Patienten zu finden ist.
Ein Überblick über die Abbildungen zeigt, daß die Einzelwerte bei allen Patienten während der 7-stündigen Meßdauer in unterschiedlichem Maße schwanken, die Schwankungen in der Regel jedoch nicht mehr als 10 - 15 KBE ausmachen.
Betrachtet man den Verlauf der Meßwerte von Patienten mit relativ hohen durchschnittlichen Keimzahlen (vgl. Tab. 9), so wird am Beispiel von Patient VII und Patient XIV deutlich, daß hier insgesamt höhere Einzelwerte, nicht jedoch 1 oder 2 extrem hohe Werte zu diesem Durchschnittswert beitrugen. Dagegen zeigt der Profilverlauf z.B. von Patient XX, daß hier der hohe Wert der ersten Stunde für den höheren Durchschnittswert verantwortlich zu machen ist.

Ein Vergleich der Luftkeimkonzentrationsprofile bei Patienten mit gleichem klinisch-mikrobiologischem Status zeigt, daß sich kein typischer Profilverlauf für die einzelnen Gruppen erkennen läßt.
Bezüglich der Schwankungen der Luftkeimkonzentration im Tagesverlauf läßt sich vermuten, daß die Werte aufgrund der stärkeren personellen Aktivitäten am Morgen und im Laufe des

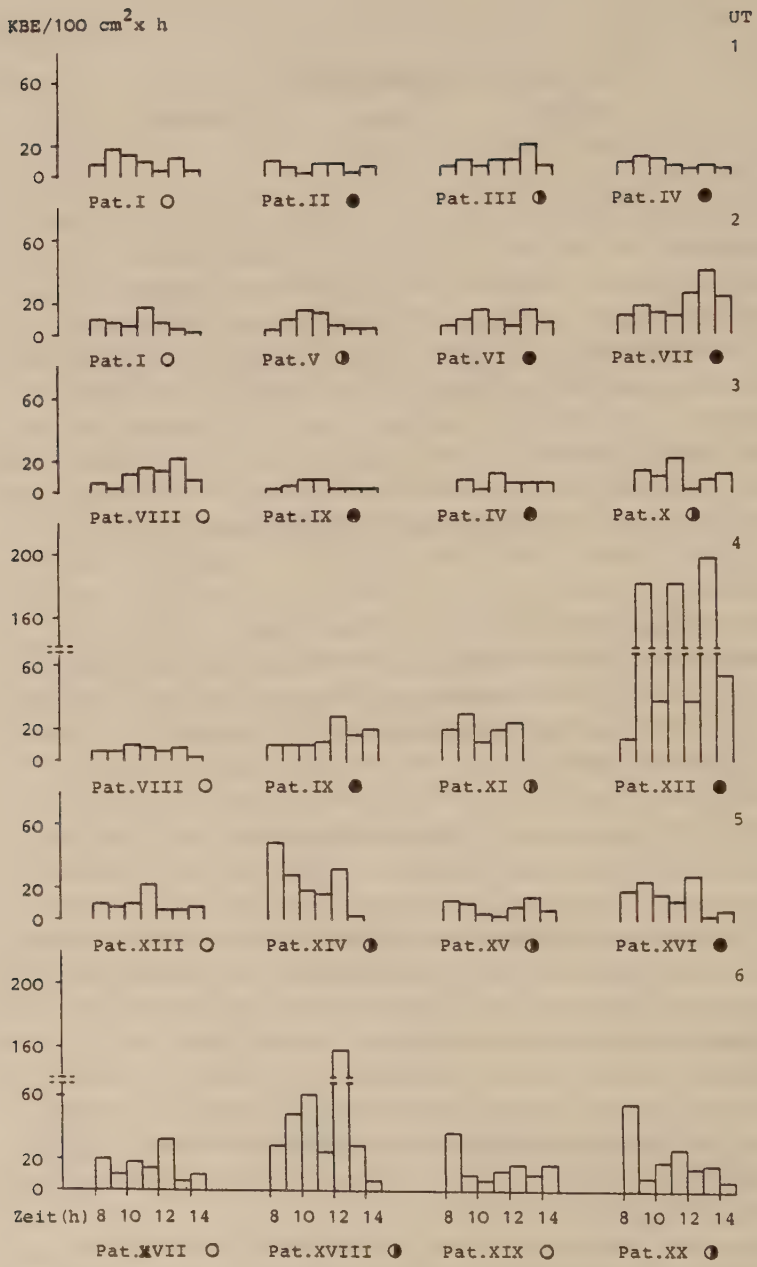
KBE/100 cm²x h
UT
1
60
20
0
Pat.I ○
Pat.II ●
Pat.III ◑
Pat.IV ●
2
60
20
0
Pat.I ○
Pat.V ◑
Pat.VI ●
Pat.VII ●
3
60
20
0
Pat.VIII ○
Pat.IX ●
Pat.IV ●
Pat.X ◑
4
200
160
60
20
0
Pat.VIII ○
Pat.IX ●
Pat.XI ◑
Pat.XII ●
5
60
20
0
Pat.XIII ○
Pat.XIV ◑
Pat.XV ◑
Pat.XVI ●
6
200
160
60
20
0
Zeit(h) 8 10 12 14
8 10 12 14
8 10 12 14
8 10 12 14
Pat.XVII ○
Pat.XVIII ◑
Pat.XIX ○
Pat.XX ◑

Abb. 5

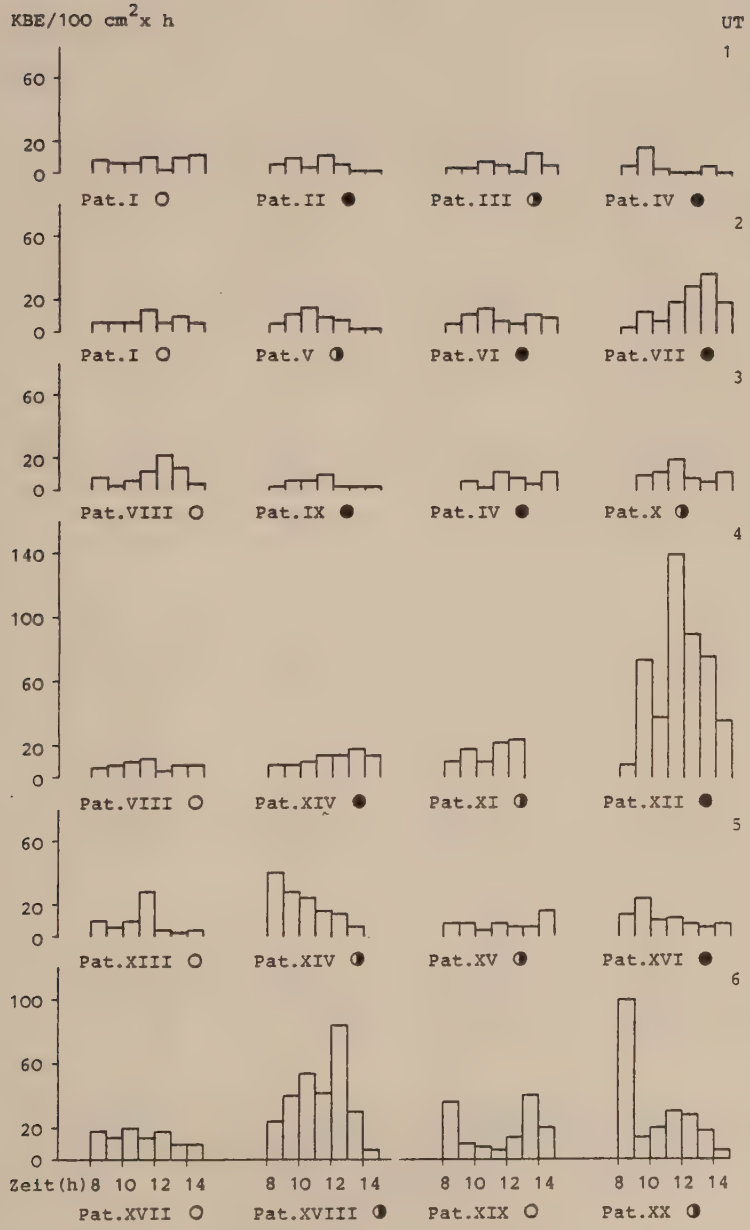
KBE/100 cm²x h
UT
1
60
20
0
Pat.I ○
Pat.II ●
Pat.III ◑
Pat.IV ●
2
60
20
0
Pat.I ○
Pat.V ◑
Pat.VI ●
Pat.VII ●
3
60
20
0
Pat.VIII ○
Pat.IX ●
Pat.IV ●
Pat.X ◑
4
140
100
60
20
0
Pat.VIII ○
Pat.XIV ●
Pat.XI ◑
Pat.XII ●
5
60
20
0
Pat.XIII ○
Pat.XIV ◑
Pat.XV ◑
Pat.XVI ●
6
100
60
20
0
Zeit(h) 8 10 12 14
8 10 12 14
8 10 12 14
8 10 12 14
Pat.XVII ○
Pat.XVIII ◑
Pat.XIX ○
Pat.XX ◑

Abb. 6

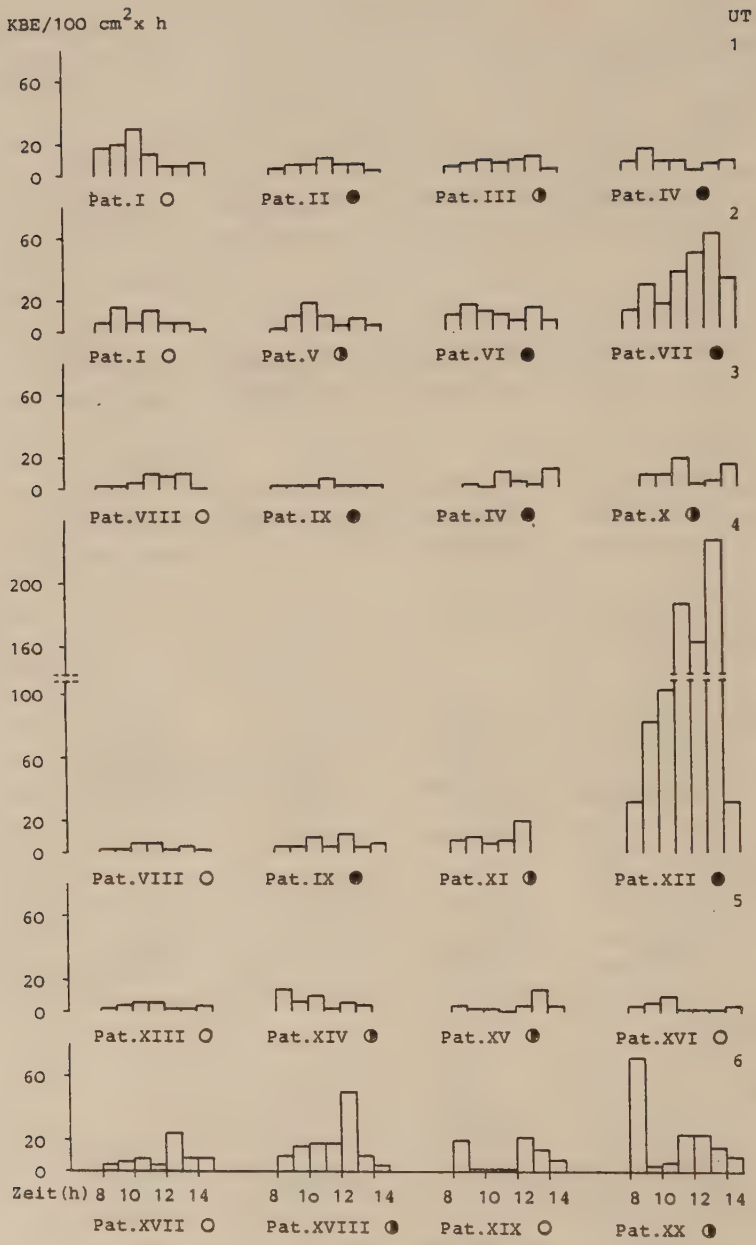
KBE/100 cm²x h
UT
1
60
20
0
Pat.I ○
Pat.II ●
Pat.III ◑
Pat.IV ●
2
60
20
0
Pat.I ○
Pat.V ◑
Pat.VI ●
Pat.VII ●
3
60
20
0
Pat.VIII ○
Pat.IX ●
Pat.IV ●
Pat.X ◑
4
200
160
100
60
20
0
Pat.VIII ○
Pat.IX ●
Pat.XI ◑
Pat.XII ●
5
60
20
0
Pat.XIII ○
Pat.XIV ◑
Pat.XV ◑
Pat.XVI ○
6
60
20
0
Zeit(h) 8 10 12 14
8 10 12 14
8 10 12 14
8 10 12 14
Pat.XVII ○
Pat.XVIII ◑
Pat.XIX ○
Pat.XX ◑

Abb. 7

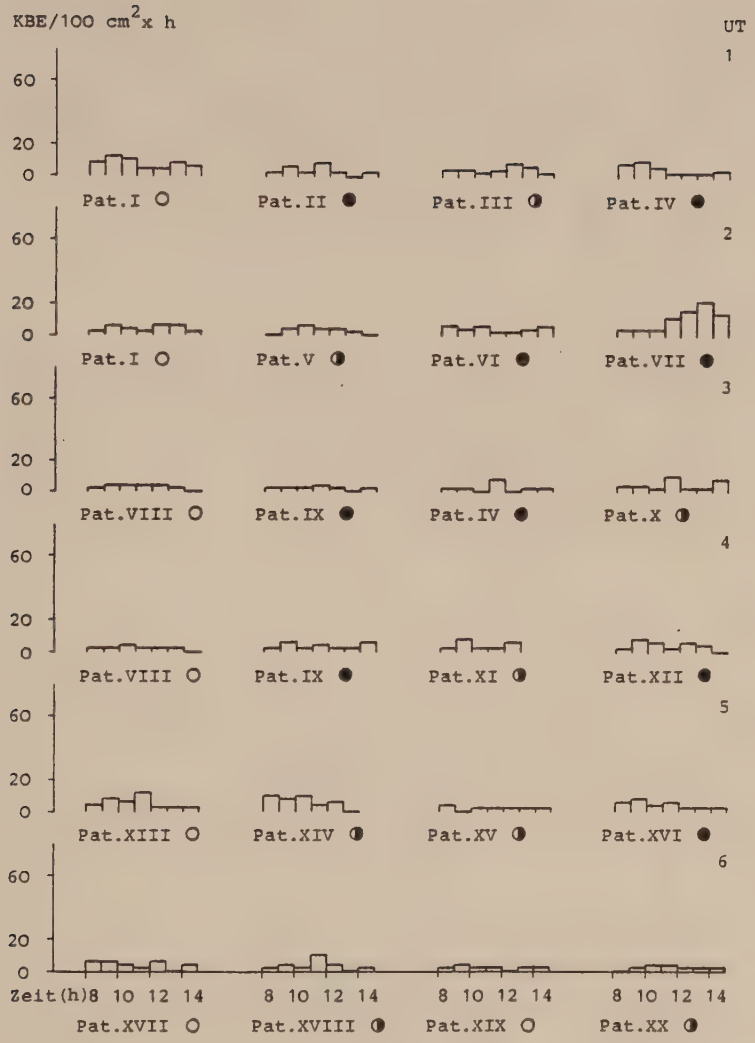

Abb. 8

Legende zu Abb. 5 - 8:

Luftkeimkonzentrationsprofile
Sedimentationsverfahren (KBE/100 cm²xh)

Abb. 5: Medium: Blut-Agar
Abb. 6: Medium: TS-Agar
Abb. 7: Medium: Kligler-Agar
Abb. 8: Medium: NaCl-Agar

Vormittags (Betten machen, Visite, therapeutische Maßnahmen) höher liegen würden als in den "ruhigeren" frühen Nachmittagsstunden.
Der Verlauf der Luftkeimkonzentrationsschwankungen im Zimmer des Patienten XIV (besonders auf Blut- und TS-Agar) scheint dies zu bestätigen; eine Betrachtung der Profilverläufe aller Patienten zeigt hingegen, daß es nicht möglich ist, von einer typischen Tagesrhythmik des Luftkeimkonzentrationsverlaufs zu sprechen.

Ein Vergleich der Profile der verschiedenen Agarsorten zeigt, daß, wie schon bei den Durchschnittswerten (vgl. Tab. 9) festgestellt wurde, für Blut-, TS- und Kligler-Agar ein tendenziell ähnlicher Verlauf besteht, die Profile von NaCl-Agar aber aufgrund seiner Selektivität nicht sehr gut mit den anderen Nährmedien übereinstimmen.

3.2.2.2 Impaktionsverfahren

Analog zu den Sedimentationsverfahren sind in den Abbildungen 9 - 12 die Luftkeimkonzentrationsprofile der vier Nährmedien für das Impaktionsverfahren dargestellt.
Aufgrund der höheren Keimzahlen ergeben sich hier zahlenmäßig größere Schwankungen der Einzelwerte (im Mittel 10 - 100 KBE), die jedoch nur selten sehr hoch sind.
Für die Patienten der drei Gruppen ist auch hier ein typischer Verlauf nicht festzustellen.
Da die Meßzeit beim Impaktionsverfahren nur jeweils 2 h pro Patient betrug, sind keine Aussagen über tageszeitabhängige Schwankungen möglich.

Bei der Betrachtung der Profilverläufe für die verschiedenen Nährmedien können hier nur jeweils Blut- und TS-Agar sowie Kligler- und NaCl-Agar miteinander verglichen werden, da nur immer 2 Medien gleichzeitig zur Messung eingesetzt werden konnten.

Es zeigt sich, wie schon bei den Durchschnittswerten in Tabelle 10, daß sich für Blut und TS-Agar eine relativ gute Übereinstimmung der Profile ergibt, während dies für Kligler- und NaCl-Agar nur eingeschränkt gilt.

3.2.3 Korngrößenverteilung

Durch die Verwendung des Andersen-Samplers zur quantitativen Luftkeimbestimmung war es möglich, bei den Messungen gleichzeitig eine Auftrennung des keimhaltigen Aerosols in verschiedene Partikelgrößen vorzunehmen.
Die Ergebnisse sind in Abbildung 13 dargestellt. Dabei wurden die auf den Stufen 1 - 6 (x-Achse) gefundenen Keimkonzentrationen in Beziehung zur jeweiligen Gesamtkeimzahl (= 100 %) gesetzt und in Prozent (y-Achse) ausgedrückt.
Abbildung 13 zeigt diese prozentuale Korngrößenverteilung für die drei Patientenkollektive auf Blut-, TS-, Kligler- und NaCl-Agar. Die Ergebnisse auf Endo-Agar wurden wegen zu geringer Keimzahlen nicht dargestellt.
Bei Blut- und TS-Agar zeigte sich insgesamt eine gleichmäßigere prozentuale Verteilung auf den einzelnen Stufen, wobei maximal Werte um 25 % pro Stufe erreicht wurden. Da jedoch ein allmählicher Rückgang der Werte auf den unteren Stufen 4 - 6 eintrat, gehören die keimhaltigen Partikel hauptsächlich der Größenordnung $>$ 3 µm (Stufe 1 - 3) an.
Im Gegensatz dazu fanden sich bei Kligler-Agar rund 35 %, bei NaCl-Agar sogar bis zu 50 % der keimhaltigen Partikel auf der 1. Stufe des Impaktors (Partikelgröße $>$ 8 µm), während auf den Stufen 2 - 5 wesentlich weniger und auf Stufe 6 (Korngröße $<$ 1 µm) ähnlich wie bei Blut- und TS-Agar, nur noch 0 % - 5 % der Keime abgeschieden wurden.

Bei Einsatz des gleichen Nährmediums ergaben sich bei den drei Patientengruppen ähnliche Korngrößenverteilungen, so daß gruppenspezifische Unterschiede nicht festgestellt werden konnten.

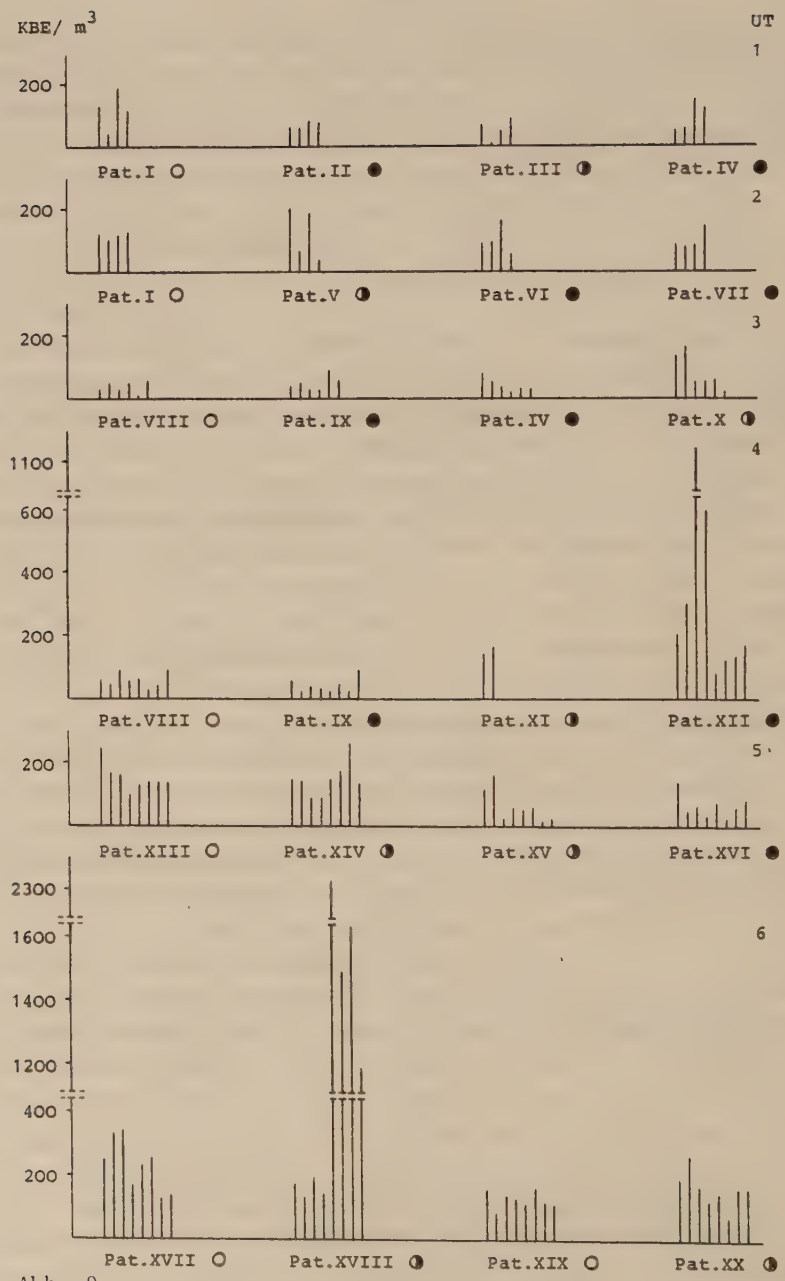
KBE/ m3
UT
1
200
Pat.I ○
Pat.II ●
Pat.III ◑
Pat.IV ●
2
200
Pat.I ○
Pat.V ◑
Pat.VI ●
Pat.VII ●
3
200
Pat.VIII ○
Pat.IX ●
Pat.IV ●
Pat.X ◑
4
1100
600
400
200
Pat.VIII ○
Pat.IX ●
Pat.XI ◑
Pat.XII ●
5
200
Pat.XIII ○
Pat.XIV ◑
Pat.XV ◑
Pat.XVI ●
6
2300
1600
1400
1200
400
200
Pat.XVII ○
Pat.XVIII ◑
Pat.XIX ○
Pat.XX ◑

Abb. 9

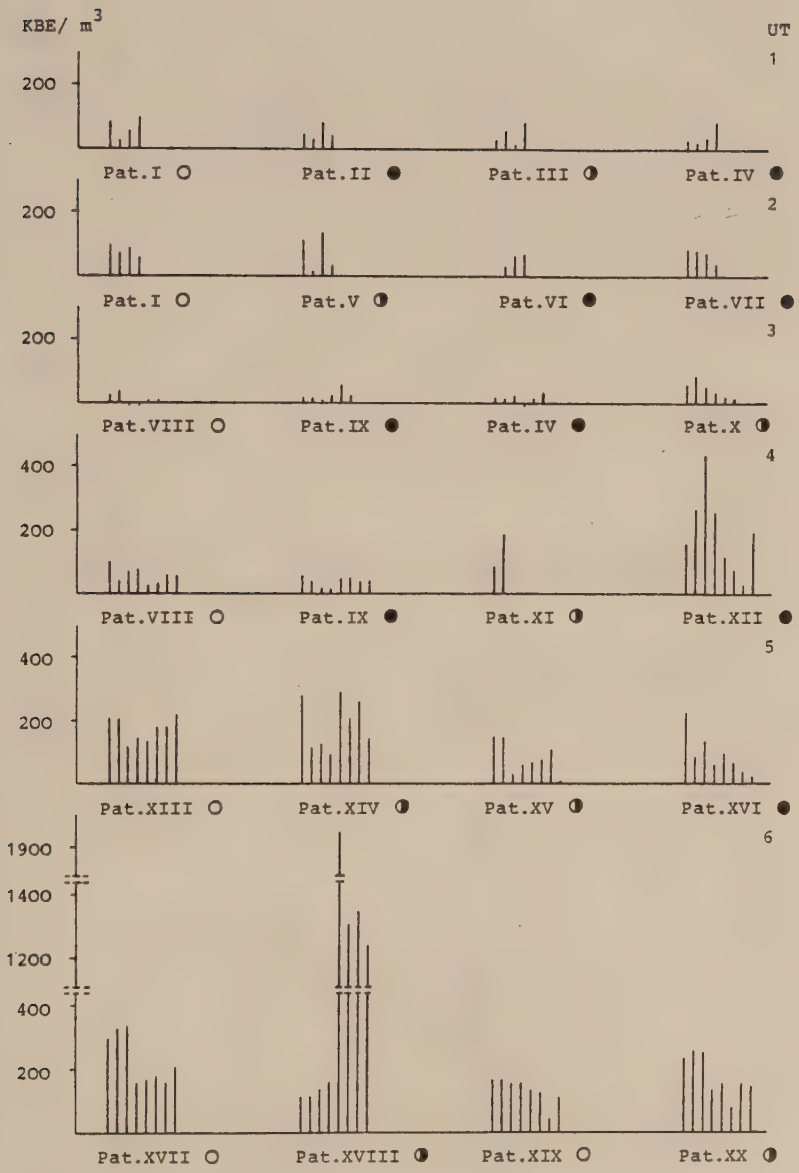
KBE/ m3
UT
1
200
Pat.I ○
Pat.II ●
Pat.III ◑
Pat.IV ●
2
200
Pat.I ○
Pat.V ◑
Pat.VI ●
Pat.VII ●
3
200
Pat.VIII ○
Pat.IX ●
Pat.IV ●
Pat.X ◑
4
400
200
Pat.VIII ○
Pat.IX ●
Pat.XI ◑
Pat.XII ●
5
400
200
Pat.XIII ○
Pat.XIV ◑
Pat.XV ◑
Pat.XVI ●
6
1900
1400
1200
400
200
Pat.XVII ○
Pat.XVIII ◑
Pat.XIX ○
Pat.XX ◑

Abb. 10

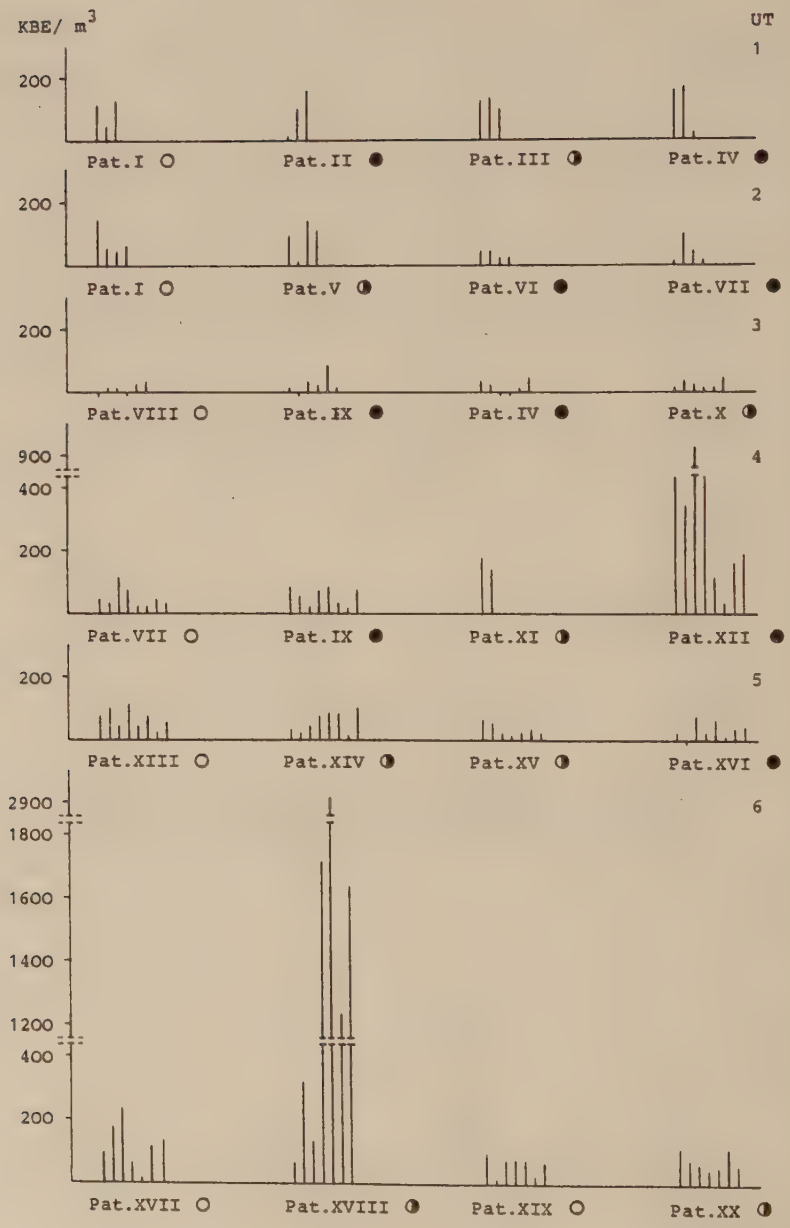
KBE/ m3
UT
1
200
Pat.I ○
Pat.II ●
Pat.III ◑
Pat.IV ●
2
200
Pat.I ○
Pat.V ◑
Pat.VI ●
Pat.VII ●
3
200
Pat.VIII ○
Pat.IX ●
Pat.IV ●
Pat.X ◑
4
900
400
200
Pat.VII ○
Pat.IX ●
Pat.XI ◑
Pat.XII ●
5
200
Pat.XIII ○
Pat.XIV ◑
Pat.XV ◑
Pat.XVI ●
6
2900
1800
1600
1400
1200
400
200
Pat.XVII ○
Pat.XVIII ◑
Pat.XIX ○
Pat.XX ◑

Abb. 11

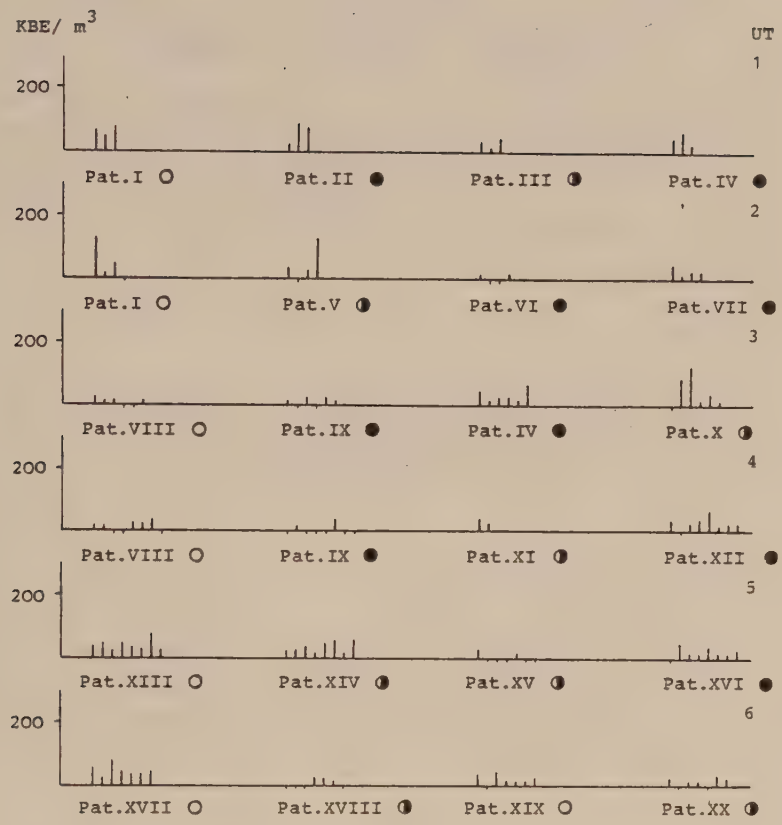

Abb. 12

Legende zu Abb. 9 - 12

Luftkeimkonzentrationsprofile
Impaktionsverfahren (KBE/m³)

Abb. 9: Medium: Blut-Agar
Abb. 10: Medium: TS-Agar
Abb. 11: Medium: Kligler-Agar
Abb. 12: Medium: NaCl-Agar

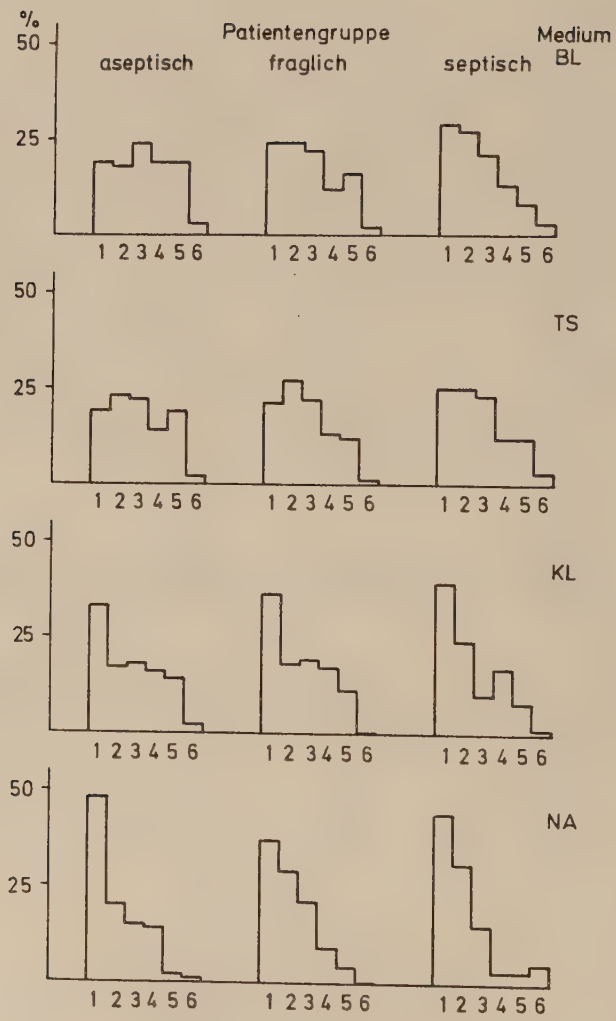

Abb. 13 Prozentuale Korngrößenverteilung der luftgetragenen Mikroorganismen

1 - 6: Stufen des Andersen-Impaktors

Stufe 1: Partikelgröße >8 µm; Stufe 2: 5 - 10 µm
Stufe 3: 3 - 6 µm; Stufe 4: 2 - 4 µm;
Stufe 5: 1 - 2 µm; Stufe 6: < 1 µm

3.2.4 Befunde bei Patienten mit Ultraschallvernebler

Bei zwei Patienten (Patienten XII und XVIII), bei denen während der Probennahme eine Ultraschallverneblertherapie durchgeführt wurde, fielen Befunde auf, die aus dem bisher geschilderten Rahmen fielen.
Diese Werte wurden bei der Aufstellung von Tabellen und Abbildungen jeweils nicht berücksichtigt und sollen deshalb hier gesondert betrachtet werden.

Um einen Einblick in die unterschiedlichen Größenordnungen der Luftkeimbefunde zu geben, sind in Tabelle 11 die durchschnittlichen Keimzahlen der Patienten XII (septisch) und XVIII (fraglich) sowie der übrigen Patienten der jeweiligen Patientengruppe angegeben.
Es zeigt sich, daß die Durchschnittswerte der Patienten mit Ultraschallverneblern um ein Vielfaches über den Werten der übrigen Patienten der gleichen Gruppe liegen. Nur die Ergebnisse des NaCl-Agars bilden eine Ausnahme, da hier durch die Selektivwirkung das Wachstum der gramnegativen Stäbchen, die die hauptsächliche Ursache für die hohen Luftkeimkonzentrationen darstellen (vgl. Tab. 18 u. 19), unterdrückt wurde.

Nährmedium	Sedimentationsverfahren (KBE/ 100 cm^2 x h)		Impaktionsverfahren (KBE/ m^3)	
	Pat. XII	übrige Pat.	Pat. XII	übrige Pat.
Blut-Agar	101	10	345	68
TS-Agar	60	9	192	46
Kligler-Agar	117	9	319	52
NaCl-Agar	4	4	26	25
Endo-Agar	30	0,13	78	0,50

Tab. 11 a Vergleich der durchschnittlichen Luftkeimkonzentrationen von Patient XII (sept.) und den übrigen septischen Patienten

Nährmedium	Sedimentationsverfahren (KBE/ 100 cm^2 x h)		Impaktionsverfahren (KBE/ m^3)	
	Pat. XVIII	übrige Pat.	Pat. XVIII	übrige Pat.
Blut-Agar	50	15	907	111
TS-Agar	38	14	792	106
Kligler-Agar	18	9	1146	79
NaCl-Agar	3	3	8	30
Endo-Agar	5	0,50	691	3

Tab. 11 b Vergleich der durchschnittlichen Luftkeimkonzentrationen von Patient XVIII (fragl.) und den übrigen fraglichen Patienten

Eine vergleichende Betrachtung der Luftkeimkonzentrationsprofile (Abb. 5 - 12) zeigt ebenfalls, daß die bei den Patienten mit Ultraschallverneblern gemessenen Werte größtenteils höher als die übrigen Werte lagen.

Besonders deutlich wird diese Keimzahlerhöhung während der Ultraschallverneblertherapie in Abbildung 14, in der die Luftkeimprofile des Sedimentations- und Impaktionsverfahrens auf Endo-Agar dargestellt sind.

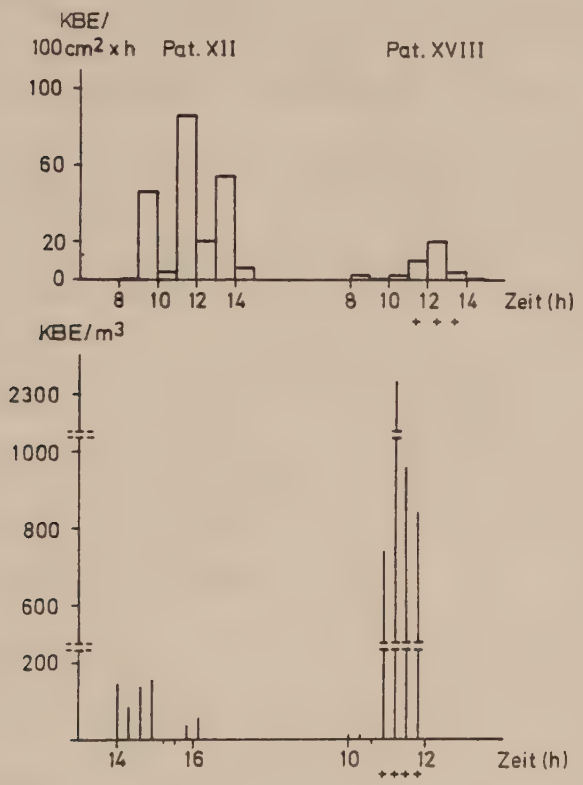

Abb. 14 Luftkeimkonzentrationsprofile der Patienten mit Ultraschallvernebler

Medium: Endo-Agar

a) Sedimentationsverfahren (KBE/100 cm²xh)

b) Impaktionsverfahren (KBE/m³)
+ = Vernebler eingeschaltet

Während bei den übrigen Patienten aufgrund der Selektivwirkung von Endo-Agar nur geringe Keimzahlen gefunden wurden (Sedimentationsverfahren 0 - 3 KBE/100 cm^2xh, Impaktionsverfahren 0 - 9 KBE/m^3 im Durchschnitt je nach Patientengruppe), traten bei den Patienten XII und XVIII wesentlich höhere Keimzahlen auf (Sedimentationsverfahren 0 - 85 KBE/100 cm^2xh, Impaktionsverfahren 0 - 2300 KBE/m^3), die teilweise sogar über den Werten der nichtselektiven Medien lagen.
Anhand des Versuchsprotokolls konnte bei Patient XII eine enge Übereinstimmung zwischen eingeschaltetem Ultraschallvernebler (in Abbildung 14 mit "+" gekennzeichnet) und erhöhten Luftkeimzahlen festgestellt werden, womit der Verdacht einer mikrobiellen Kontamination des Verneblers bestätigt wird.
Eine weitere Auswirkung der Ultraschallvernebler wird in Abbildung 15 deutlich, in der die Korngrößenverteilung für die vier Nährmedien dargestellt ist (vgl. Abb. 13).
Bei den Patienten XII und XVIII zeigte sich bei Blut-, TS- und Kligler-Agar eine Abscheidung von 35 % - 52 % der keimtragenden Partikel auf der 6. Stufe (Partikelgröße < 1 µm) im Vergleich zu 0 % - 5 % bei den anderen Patienten.

Eine Ausnahme bildet auch hier wieder der NaCl-Agar, bei dem die Partikel > 5 µm (Stufe 1 und 2) vorherrschten, da er den vom Vernebler herrührenden gramnegativen Stäbchen keine adäquaten Wachstumsbedingungen bot.
Die Umkehrung der Korngrößenverteilung ist vermutlich durch die feine Zerstäubung des mikrobiellen Aerosols durch den Ultraschallvernebler zu erklären.
Insgesamt läßt sich also feststellen, daß alle Befunde der Patienten XII und XVIII auf eine bakterielle Kontamination der verwendeten Ultraschallvernebler hinweisen.

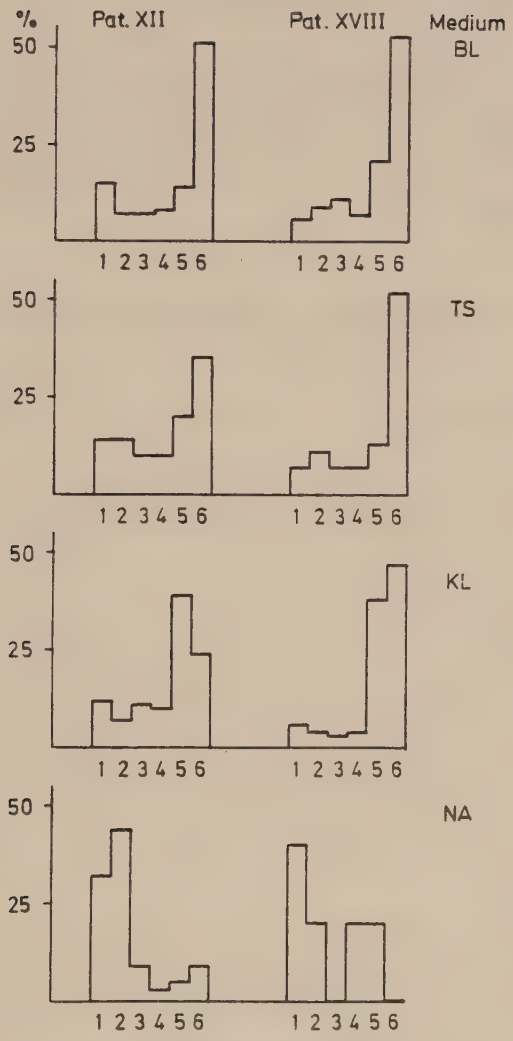

Abb. 15 Prozentuale Korngrößenverteilung der luftgetragenen Mikroorganismen bei den Patienten mit Ultraschallvernebler

(Legende vgl. Abb. 13)

3.3 Qualitative Luftkeimbefunde

Neben dem geschilderten quantitativen Aspekt der mikrobiellen Besiedlung der Raumluft interessierte insbesondere der gezielte Nachweis luftgetragener nosokomialer Infektionserreger als Gradmesser für eine hygienisch relevante Kontamination der Raumluft.

3.3.1 Nachweishäufigkeit nosokomialer Infektionserreger (NIE)

3.3.1.1 Anteil der NIE an Gesamtkeimzahl und Probenzahl

Die Tabellen 12 und 13 geben einen Überblick über das Vorkommen von nosokomialen Infektionserregern (NIE) auf Endo-Agar in Relation zur Gesamtkeimzahl und zur Probenzahl bei den einzelnen Patienten.
Die Ergebnisse mit dem Sedimentationsverfahren (s. Tab. 12) zeigen, daß nur bei relativ wenigen Proben NIE gefunden wurden, wobei der Anteil bei der Gruppe der fraglichen Patienten mit 8,9 % rund doppelt so hoch wie bei den septischen mit 4,5 % und knapp dreimal so hoch wie bei den aseptischen Patienten mit 3,1 % war. Der Anteil der NIE an der Gesamtkoloniezahl erreichte in den drei Patientengruppen jedoch Werte zwischen 63 % und 78 %.

Beim Impaktionsverfahren (s. Tab. 13) zeigen sich ähnliche Verhältnisse, wenngleich aufgrund der geringeren Gesamtprobenzahl auch weniger koloniebildende Einheiten und damit auch weniger NIE gefunden wurden.
Der Anteil der nosokomialen Infektionserreger blieb mit 0 % bei den aseptischen, 40 % bei den fraglichen und 50 % bei den septischen Patienten unter den Werten des Sedimentationsverfahrens. In der Gruppe der fraglichen Patienten wurden auch hier deutlich mehr NIE-positive Proben (11,4 %) festgestellt als bei den septischen Patienten (2,6 %) und bei den

Pat.	Prob. zahl	Ges.-keimz. aller Prob.	NIE-Anteil (%)	NIE-pos. Prob. (%)	Pat.	Prob. zahl	Ges.-keimz. aller Prob.	NIE-Anteil (%)	NIE-pos. Prob. (%)	Pat.	Prob. zahl	Ges.-keimz. aller Prob.	NIE-Anteil (%)	NIE-pos. Prob. (%)
asept.					fragl.					sept.				
I	14	1	100	7,1	III	14	2	100	14,3	II	14	-	-	-
I	14	-	-	-	V	14	-	-	-	IV	14	-	-	-
VIII	14	-	-	-	X	12	1	-	-	IV	12	-	-	-
VIII	14	-	-	-	XI	10	1	-	-	VI	14	1	-	-
XIII	14	-	-	-	XIV	12	8	87,5	33,3	VII	14	5	100	21,4
XVII	14	-	-	-	XV	14	-	-	-	IX	14	1	-	-
XIX	14	10	60,0	14,3	XX	14	20	80,0	14,3	IX	14	-	-	-
										XVI	14	2	100	14,3
Gesamt	98	11	63,6	3,1	Gesamt	90	32	78,1	8,9	Gesamt	110	9	77,7	4,5

Tab. 12 Prozentualer Anteil der nosokomialen Infektionserreger (NIE) und der NIE- positiven Proben auf Endo- Agar
Sedimentationsverfahren (Keimzahl/ Platte)
(Gesamtkeimzahl bzw. Probenzahl ≙ 100 %)

Pat.	Prob. zahl	Ges.-keimz. aller Prob.	NIE-Anteil (%)	NIE-Pos. Prob. (%)	Pat.	Prob. zahl	Ges.-keimz. aller Prob.	NIE-Anteil (%)	NIE-pos. Prob. (%)	Pat.	Prob. zahl	Ges.-keimz. aller Prob.	NIE-Anteil (%)	NIE-pos. Prob. (%)
asept.					fragl.					sept.				
I	1	-	-	-	III	1	-	-	-	II	1	-	-	-
I	4	-	-	-	V	4	1	100	25,0	IV	1	-	-	-
VIII	6	-	-	-	X	6	-	-	-	IV	6	-	-	-
VIII	8	-	-	-	XI	2	1	-	-	VI	4	1	-	-
XIII	8	-	-	-	XIV	8	2	100	25,0	VII	4	-	-	-
XVII	7	4	-	-	XV	7	-	-	-	IX	6	-	-	-
XIX	7	-	-	-	XX	7	6	16,7	14,3	IX	8	-	-	-
										XVI	8	1	100	12,5
Gesamt	41	4	-	-	Gesamt	35	10	40,0	11,4	Gesamt	38	2	50,0	2,6

Tab. 13 Prozentualer Anteil der nosokomialen Infektionserreger (NIE) und der NIE- positiven Proben auf Endo- Agar
Impaktionsverfahren (Keimzahl/ 1/3 Platte)
(Gesamtkeimzahl bzw. Probenzahl ≙ 100 %)

aseptischen Patienten, wo keine Probe NIE-positiv war. Dieser Vergleich von Proben- und Gesamtkoloniezahl mit den differenzierten NIE ließ sich jedoch nur für das Medium Endo-Agar, damit also vorwiegend für gramnegative Stäbchen, aufstellen, da nur bei diesem Nährboden eine Differenzierung aller Keime erfolgte.

3.3.1.2 Nachweishäufigkeit grampositiver und gramnegativer NIE

Um weitere Anhaltspunkte für die lufthygienischen Verhältnisse zu erhalten, wurde untersucht, in welchem Umfang NIE in der Raumluft der Patientenzimmer vorkamen und um welche Erregergruppen es sich handelte.
Tabelle 14 zeigt, wie häufig nosokomiale Infektionserreger bei den drei Patientenkollektiven gefunden wurden, wobei die Befunde nach grampositiven Kokken, gramnegativen Stäbchen und dem Nachweis grampositiver und/oder gramnegativer Keime unterteilt wurden.

		NIE-Funde in der Raumluft der Patienten					
Pat.-gruppe	*Pat.-zahl*	*grampos. Kokken*		*gramneg. Stäbchen*		*grampos. u./o. gramneg. Keime*	
		n	*%*	*n*	*%*	*n*	*%*
asept.	*7*	*3*	*42,9*	*2*	*28,4*	*4*	*57,1*
fragl.	*8*	*4*	*50,0*	*5*	*62,5*	*6*	*75,0*
sept.	*9*	*4*	*44,4*	*3*	*33,3*	*6*	*66,7*
Gesamt	*24*	*11*	*45,8*	*10*	*41,7*	*16*	*66,7*

Tab. 14 Nachweishäufigkeit von NIE in der Raumluft der 3 Patientengruppen

Insgesamt konnten bei 16 der 24 Patienten NIE aus der Raumluft isoliert werden, was 66,7 % entspricht. Dabei war das Vorkommen der gramnegativen Stäbchen mit 41,7 % fast ebenso häufig wie das der grampositiven Kokken mit 45,8 %. Betrachtet man die Ergebnisse im einzelnen, so zeigt sich, daß sich grampositive Kokken in den drei Patientengruppen bei 42,9 % der aseptischen, 44,4 % der septischen und 50 % der fraglichen Patienten, also annähernd gleich häufig, nachweisen ließen.
Deutliche Unterschiede bei der Verteilung ergaben sich dagegen für die gramnegativen Stäbchen: bei den fraglichen Patienten gelang ein Nachweis mit 62,6 % fast doppelt so häufig wie bei den aseptischen Patienten mit nur 28,4 % und den septischen Patienten, bei denen in 33,3 % der Fälle gramnegative Stäbchen aus der Raumluft isoliert werden konnten.

Betrachtet man die Gesamtergebnisse, bei denen nur das Vorhandensein einer oder beider Arten von NIE gewertet wurde, so läßt sich ebenfalls die Tendenz feststellen, daß bei den Patienten der fraglichen Gruppe am häufigsten (75 %) NIE isoliert werden konnten, während dies bei den septischen Patienten in etwas geringerem Maße (66,7 %) und in der aseptischen Gruppe nur bei 57,1 % der Patienten möglich war.

3.3.1.3 Verteilung der Mehrfachbefunde

Da bei der Zusammenstellung von Tabelle 14 nur der positive Nachweis von NIE in der Raumluft gewertet wurde, blieb unberücksichtigt, ob bei einem Patienten mehr als eine NIE-Species nachgewiesen werden konnte.
Betrachtet man die Verteilung der Mehrfachbefunde (Tabelle 15) in den einzelnen Patientengruppen, so ergeben sich deutliche Parallelen zu Tabelle 14. In der Gruppe der fraglichen Patienten wurden nicht nur am häufigsten NIE isoliert, sondern auch die größte Vielfalt an Keimarten, die von 2 Patienten ohne positiven NIE-Befund bis zu je einem Patienten mit 4 bzw. 5 verschiedenen Keimspecies reichte. In der sep-

tischen Gruppe fanden sich gleichmäßig auf das Kollektiv verteilt 0 bis maximal 3 Bakterienarten, während in der aseptischen Gruppe mit maximal 2 verschiedenen Bakterienarten bei zwei von sieben Patienten die geringste Zahl unterschiedlicher Species erreicht wurde.

		Zahl der isolierten Bakterienarten											
Pat.	Pat.	0		1		2		3		4		5	
gruppe	zahl	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
asept.	7	3	42,9	2	28,6	2	28,6	-	-	-	-	-	-
fragl.	8	2	25,0	1	12,5	1	12,5	2	25,0	1	12,5	1	12,5
sept.	9	3	33,3	2	22,2	2	22,2	2	22,2	-	-	-	-
Gesamt	24	8	33,3	5	20,8	5	20,8	4	16,7	1	4,2	1	4,2

Tab. 15 Häufigkeit der Mehrfachbefunde bei den 3 Patientengruppen (n = Anzahl der Patienten mit x verschiedenen Bakterienarten in der Raumluft)

Bei der Zusammenfassung der Befunde aller drei Gruppen ergibt sich - wie aus Tabelle 15 hervorgeht - daß bei einem Drittel der Patienten keine nosokomialen Infektionserreger in der Luft nachzuweisen waren. Ferner zeigte sich, daß bei jeweils 5 Patienten eine bzw. zwei Bakterienspecies in der Luft vorhanden waren. Bei den restlichen 6 Patienten konnten bis zu 5 unterschiedliche NIE-Species aus der Luft isoliert werden.

3.3.2 Keimspektrum der nosokomialen Infektionserreger

3.3.2.1 Keimspektrum der gramnegativen NIE

Nach der mehr quantitativen Übersicht über das Vorkommen von NIE interessierte zudem, um welche Keime es sich im einzelnen handelte.
Bei den grampositiven Erregern wurde nur nach S. aureus und Fäkalstreptokokken gefahndet.
Tabelle 16 zeigt das Keimspektrum der gramnegativen NIE und ihre Nachweishäufigkeit in den einzelnen Patientengruppen.
Es konnte ein breites Spektrum von 13 verschiedenen gramnegativen NIE aus der Raumluft isoliert werden, wovon sich, analog zu den Ergebnissen in Tabelle 15, bei den aseptischen Patienten nur 3 verschiedene Bakterienspecies, in der septischen Gruppe 5 Bakterienspecies fanden. Bei den fraglichen Patienten dagegen wurde fast das gesamte Bakterienspektrum (11 von 13 Arten) gefunden.
Der Nachweis der einzelnen Keimarten erfolgte etwa gleich häufig, mit Ausnahme von E.cloacae und P.fluorescens, die etwas häufiger (bei 4 bzw. 5 Patienten) nachgewiesen werden konnten.
Bei der Zuordnung der einzelnen Isolate zu den drei Patientenkollektiven zeigte sich, daß nur 3 zur aseptischen und 7 zur septischen Gruppe gehörten, während über die Hälfte der 24 Nachweise der fraglichen Gruppe zuzurechnen waren.

Keimart	Patientengruppe asept.	fragl.	sept.	Gesamt
Enterobacteriaceae				
E. coli	-	1	1	2
E. cloacae	-	2	2	4
P. mirabilis	-	1	-	1
P. morganii	-	1	-	1
P. rettgeri	-	1	-	1
P. vulgaris	1	-	-	1
P. $spec_1$	-	1	-	1
C. freundii	-	1	-	1
K. pneumoniae	-	1	1	2
Pseudomonadaceae				
P. aeruginosa	-	2^{+}	-	2
P. fluorescens	1	2	2	5
P. maltophilia	1	1	-	2
P. $spec_2$	-	-	1^{++}	1
Gesamt	3	14	7	24
%	12,5	58,3	29,2	100
verschiedene Keimarten	3	11	5	13

Tab. 16 Keimspektrum und Fundhäufigkeit der gramnegativen NIE
($^{+}$ bei Pat. XVIII massenhaft isoliert - Vernebler!
$^{++}$ bei Pat. XII massenhaft isoliert - Vernebler!
P.$spec_1$ = Proteus species
P.$spec_2$ = Pseudomonas species)

3.3.2.2 Vergleich der luftmikrobiologischen mit den klinisch-mikrobiologischen Befunden

Im folgenden soll darauf eingegangen werden, welche luftmikrobiologischen Befunde bei den einzelnen Patienten erhoben wurden und ob Zusammenhänge zwischen den Raumluftbefunden und den klinisch-mikrobiologischen Vorbefunden der Patienten erkennbar waren.
Die Tabellen 17, 18 und 19a geben eine Übersicht über diese Befunde, wobei bei den septischen Patienten zur besseren Vergleichbarkeit jeweils zusätzlich die Art des untersuchten Patientenmaterials sowie die Daten der Materialentnahmen und der Versuchstage angegeben wurden.

Pat.	*Klin.-mikrobiolog. Vorbefund*	*Luftmikrobiologischer Befund*	
		grampos. Kokken	*grammeg. Stäbchen*
I	-	*Ø*	*Ø*
I	-	*S.aureus (S)*	*P.vulgaris (S)*
VIII	*Urin Ø*	*Fäkalstreptokokken (S)*	*Ø*
VIII	-	*Ø*	*Ø*
XIII	-	*S.aureus (S)*	*Ø*
XVII	-	*Ø*	*Ø*
XIX	*Pleurapunktat Ø*	*Ø*	*P.maltophilia (S)* *P.fluorescens (S)*

Tab. 17 Klinisch-mikrobiologische Vorbefunde und luftmikrobiologische Befunde
I. Aseptische Patienten

Aus Tabelle 17 ist zu entnehmen, daß in der Gruppe der aseptischen Patienten in 4 von 7 Fällen NIE in der Raumluft nachgewiesen werden konnten (vgl. Tabelle 14), wobei es sich um S. aureus (Pat. I u. XIII), Fäkalstreptokokken (Pat. VIII) sowie P. vulgaris (Pat. I) und Pseudomonas species (Pat. XIX) handelte. Ein Vergleich mit klinisch-mikrobiologischen Vor-

befunden gibt keine Anhaltspunkte für die Herkunft der aus der Luft isolierten Keime, da die Befunde der Urinkultur bei Pat. VIII bzw. des Pleurapunktats bei Pat. XIX negativ waren und bei den übrigen Patienten aufgrund ihres klinischen Zustandsbilds die Erhebung mikrobiologischer Befunde nicht für notwendig erachtet wurde.

Pat.	Klin.-mikrobiolog. Vorbefund	Luftmikrobiologischer Befund grampos. Kokken	grammeg. Stäbchen
III	-	S.aureus (S)	K.pneumoniae (S)
			P.fluorescens (S)
V	-	S.aureus (S)	Ø
X	-	S.aureus (S)	Ø
XI	-	Ø	Ø
XIV	-	Ø	E.coli (I)
			E.cloaceae (S)
			C.freundii (S)
			P.mirabilis (S)
			P.morganii (S)
XV	-	Ø	Ø
XVIII	-	S.aureus (I)	P.aeruginosa (I/S)+
			P.rettgeri (S)
XX	-	Ø	E.cloaceae (S)
			P.aeruginosa (S)
			P.fluorescens Gr. (S)
			P.maltophilia (I/S)

Tab. 18 Klinisch-mikrobiologische Vorbefunde und luftmikrobiologische Befunde
II. Fragliche Patienten
(+ Patient mit Ultraschallvernebler, Species massenhaft isoliert)

In der Gruppe der fraglichen Patienten (Tabelle 18) konnten in 6 von 8 Fällen fakultativ pathogene Keime isoliert werden,

insbesondere S. aureus, Pseudomonas und Proteus species, aber auch Vertreter der Gattungen Enterobacter, Escherichia, Klebsiella und Citrobacter.
Da in dieser Gruppe zum Untersuchungszeitpunkt kein Untersuchungsmaterial zur mikrobiologischen Diagnostik eingesandt worden war, können auch hier keine Zusammenhänge mit Vorbefunden hergestellt werden.
Tabelle 19a zeigt, daß bei 6 der 9 septischen Patienten NIE aus der Raumluft isoliert werden konnten, wobei besonders S. aureus, E. cloacae und Pseudomonas species, aber auch Klebsiella pneumoniae und Fäkalstreptokokken gefunden wurden.

Bei dieser Patientengruppe lagen für jeden Patienten klinisch-mikrobiologische Vorbefunde des untersuchenden Instituts (Medizinaluntersuchungsamt Berlin) vor. Ein Vergleich dieser Befunde zeigt jedoch, daß nur in 2 Fällen, bei Patient II (S. aureus) und bei Patient VI (E. coli) dieselbe Bakterienart isoliert werden konnte.
Da jedoch weder mit vergleichbarer Methodik durchgeführte Resistenzprüfungen noch eine Phagen- bzw. Serotypisierung dieser Keime vorlag, kann nicht mit Sicherheit festgestellt werden, ob es sich bei den aus der Luft isolierten Keimen um die gleichen Stämme wie die bei den Patienten nachgewiesenen handelte.
Bei allen anderen Patienten differierten die Luftkeimbefunde völlig von den klinisch-mikrobiologischen Patientenbefunden, und es war trotz massiven Keimbefalls wie z.B. bei Patient IX (P. aeruginosa im Sputum) kein Nachweis dieser Keime in der Raumluft möglich. Im Fall des Patienten IX wurde stattdessen S. aureus an 2 Versuchstagen in der Raumluft nachgewiesen.
Besonders deutlich wird diese Tatsache aus den Befunden von Patient IV in Tabelle 19b, bei dem, trotz wiederholter positiver Vorbefunde, an 2 Versuchstagen keine NIE in der Luft nachzuweisen waren.

Patient	Klinisch-mikrobiologischer Vorbefund			Luftmikrobiologischer Befund	
	Material	grampos. Kokken	gramneg. Stäbchen	grampos. Kokken	gramneg. Stäbchen
II	Sputum				
6.3.	22.2.	S.pneumoniae	Ø	S.aureus (S)	Ø
	27.2.	S.aureus	Ø		
		häm. Streptokokken			
	Trachealabstrich	S.aureus	Ø		
	27.2.				
IV	(s. Tab. 19b)			Ø	Ø
VI	Blutkultur	Ø	Ø	Ø	Ø
12.3.	7.3.				
	Abstr. Wunddrain	Fäkalstrepto-	E.coli		
	12.3.	kokken			
VII	Wundabstrich	Streptokokken	E.coli	Ø	E.coli (S)
12.3.	9.3.				P.fluorescens Gr. (S)
	Abstr. Wunddrain	Fäkalstrepto-	Ø		
	12.3.	kokken			
IX	Sputum	Ø	P.aeruginosa	S.aureus (S)	Ø
20.3.	21.3.		E.coli	Fäkalstrepto-	
				kokken (S)	

Tab. 19 a Klinisch-mikrobiologische Vorbefunde und luftmikrobiologische Befunde
III. Septische Patienten

Patient	Klinisch-mikrobiologischer Vorbefund			Luftmikrobiologischer Befund	
	Material	grampos. Kokken	gramneg. Stäbchen	grampos. Kokken	gramneg. Stäbchen
IX	Sputum	Ø	P.aeruginosa	S.aureus (S)	Ø
26.3.	27.3.				
XII	Katheterurin	Ø	Ø	S.aureus (I)	E.cloacae (I/S)
26.3.	19.3.				Pseudomonas spec.+ (I/S)
	Trachealabstrich	Ø	E.coli		
	19.3.				
XVI	Wundabstrich	S.aureus	E.coli	Ø	E.cloacae (I)
3.4.	3.4.	häm. Strepto-			K.pneumoniae (S)
		kokken			P.fluorescens Gr. (S)

Fortsetzung von Tab. 19 a Klinisch-mikrobiologische Vorbefunde und luftmikrobiologische Befunde

III. Septische Patienten

(+ Patient mit Ultraschallvernebler, Species massenhaft isoliert)

Datum der Materialentnahme	Untersuchungsmaterial	Befund
5.2.	Katheterurin	kein Wachstum
21.2.	Katheterspitze	S.epidermidis
22.2.	Trachealsekret	P.aeruginosa
27.2.	Trachealabstrich	P.aeruginosa
1.3.	Blutkultur	kein Wachstum
1.3.	Trachealabstrich	P.aeruginosa
2.3.	Trachealabstrich	P.aeruginosa
2.3.	Peritonealdrain	P.aeruginosa E.coli Fäkalstreptokokken
2.3.	Vaginaldrain I	E.coli
2.3.	Vaginaldrain II	E.coli
11.3.	Trachealabstrich	P.aeruginosa
11.3.	Katheterspitze	E.coli
19.2.	Vaginaldrain	E.coli

Tab. 19 b Klinisch-mikrobiologische Vorbefunde des Patienten IV
Untersuchungstage: 6.und 20.3.
Luftmikrobiologische Befunde Ø

Tabelle 20 stellt abschließend nochmals die Ergebnisse der klinisch-mikrobiologischen und der luftmikrobiologischen Untersuchungen gegenüber, wobei nur die Befunde der septischen Patienten berücksichtigt wurden.
Trotz der geringen Anzahl der Isolate ist die Tendenz einer unterschiedlichen Arten- und Häufigkeitsverteilung bei den beiden Untersuchungsmaterialien erkennbar. So findet sich z.B. E. coli in den Befunden des Medizinaluntersuchungsamts besonders häufig (41,3 %), in der Luft dagegen nicht häufiger als andere Species auch.
Außerdem finden sich in der Luft einige Species, die im Patientenmaterial nicht vorkommen (z.B. E. cloacae, P. fluo-

rescens und umgekehrt (P. aeruginosa), d.h. es scheint praktisch keine Übereinstimmung zwischen den luftgetragenen NIE und den bei den Patienten isolierten Erregern zu geben.

Keimart	Klinisch-mikrobiologische Vorbefunde		Luftmikrobiologische Befunde	
	n	%	n	%
grampos. Kokken		35,3		41,7
S.aureus	2	11,8	4	33,3
S.faecalis	3	17,6	1	8,3
S.pneumoniae	1	5,9	-	-
gramneg. Stäb.		64,7		58,3
E.coli	7	41,2	1	8,3
E.cloacae	-	-	2	16,7
K.pneumoniae	-	-	1	8,3
P.mirabilis	1	5,9	-	-
P.aeruginosa	3	17,6	-	-
P.fluorescens	-	-	2	16,7
P.spec.	-	-	1	8,3
Gesamt	17	100	12	100

Tab. 20 Vergleich der klinisch-mikrobiologischen Vorbefunde mit den mikrobiologischen Befunden der Raumluft
(n = Anzahl der Patienten mit positiven Befund
P.spec = Pseudomonas species)

3.3.3 Resistenzprüfung

3.3.3.1 Antibiogramme

Um Hinweise auf das Resistenzverhalten der aus der Luft isolierten NIE auf der untersuchten IPS zu erhalten, wurden alle Bakterienisolate einer Resistenzprüfung unterzogen.
Die Ergebnisse der Antibiogramme für die 12 verwendeten Antibiotika sind, nach Bakterienspecies geordnet, in Tabelle 21 dargestellt. Um eine Vergleichsmöglichkeit zu haben, sind zusätzlich zur Codenummer des geprüften Keims Fundort (Stationsuntereinheit), Versuchstag, Sammelverfahren sowie der Patient, bei dem dieser Keim aus der Raumluft isoliert wurde, angegeben. So gibt Tabelle 21 nicht nur Auskunft über die Antibiotikaresistenzen jedes einzelnen Keims, sondern auch Hinweise auf die Verbreitung der Erregerart bei den Patienten an den verschiedenen Versuchstagen und ermöglicht den Vergleich von Resistenzmustern.
Keime, die mehrfach aus der Raumluft desselben Patienten isoliert werden konnten, wie z.B. E. coli bei Patient VII oder P. maltophilia bei Patient XIX, zeigten häufig weitgehend identische Resistenzmuster. (Als weitgehend identisch wurden Resistenzmuster beurteilt, die höchstens eine Abweichung im Resistenzverhalten aufwiesen.)
Es fanden sich jedoch auch gleiche Bakterienspecies mit sehr unterschiedlichen Resistenzmustern in einem Patientenzimmer. In der Raumluft des Patienten II konnten z.B. ein 4-fach resistenter (I 901) und ein gegen alle Antibiotika empfindlicher S. aureus-Stamm (I 911) isoliert werden.
Bei Patient XX fanden sich neben vielen identischen P. maltophilia-Stämmen ein nur noch gegen Gentamycin empfindlicher Stamm (VI 971) in der Luft, sowie P. fluorescens-Isolate, die sich in ihrer Empfindlichkeit gegen 3 Chemotherapeutika unterschieden (VI 966b u. 967).

Vergleicht man die Resistenzmuster gleicher Bakterienspecies bei verschiedenen Patienten, so zeigt sich, daß neben abwei-

Keimart	Patient	Fund-ort	UT	Methode I/S	NA	FIM	P	OX	AM	CB	CF	E	L	GM	TE	C
S.aureus																
I 908	I	B	1	S												
I 901	II	B	1	S	R		R							ME	R	
I 911	II	B														
I 913	III	B	1	S												
I 918	III	B	1	S												
I 920	III	B	1	S												
I 930	III	B	1	S												
I 931	III	B	1	S												
II 959	V	B	2	S	R		R		R						R	
III 941	IX	B	3	S	R											
IV 946	IX	B	4	S												
III 921	X	C	3	S											R	
IV 912	XII	C	4	I												
V 935	XIII	A	5	S												
VI 902	XVIII	A	6	I	R											

Tab. 21 Resistenzverhältnisse der Isolate von S.aureus

Keimart	Patient	Fund-ort	UT	Methode I/S	NA	FIM	P	OX	AM	CB	CF	E	L	GM	TE	C
E.coli																
II 983	VII	C	2	S			R	R			R	R	R			
II 984	VII	C	2	S			R	R			ME	R	R			
II 985	VII	C	2	S			R	R			ME	R	R			
II 986	VII	C	2	S			R	R			R	R	R			
V 1101	XIV	B	5	I			R	R	ME		R	R	R			
V 1102	XIV	B	5	I			R	R	ME		R	R	R			
E.cloacae																
IV 1111	XII	C	4	I		R	R	R	R		R	R	R		ME	
IV 1111a	XII	C	4	I			R	R	R		R	R	R		ME	
IV 1133	XII	C	4	S		ME	R	R	R		R	R	R		ME	
V 1103	XVI	B	5	I		ME	R	R	R		R	R	R		ME	
V 1107 a	XIV	B	5	S		R	R	R	ME		R	R	R		ME	
VI 982	XX	C	6	S		R	R	R	R	R	R	R	R	R		R
VI 983	XX	C	6	S		R	R	R	R	R	R	R	R	ME		R
Proteus																
P.mirabilis																
V 1105	XIV	B	5	S		R	R	R			R	R	R		R	R
V 1108	XIV	B	5	S		R	ME	R	ME		ME	R	R		R	R
V 1109	XIV	B	5	S		R	ME	R			ME	R	R		R	R
V 1110	XIV	B	5	S		R	ME	R			ME	R	R		R	R

Fortsetzung von Tab. 21 Resistenzverhältnisse der Isolate von E.coli, E.cloacae und P.mirabilis

Keimart	Patient	Fund-ort	UT	Methode I/S	NA	FIM	P	OX	AM	CB	CF	E	L	GM	TE	C
Proteus																
P.morganii																
V 1107 b	XIV	B	4	S			R	R	R		R	R	R			
P.rettgeri																
VI 954	XVIII	A	6	S			R	R			R	R	R		R	
P.vulgaris																
I 953	I	B	1	S		ME	R	R	R		R	R	R		E	
P.spec.																
II 981	V	B	2	I			R	R	R		R	R	R		R	
C.freundii																
V 1106	XIV	B	5	S			R	R	ME		R	R	R		ME	
K.pneumoniae																
I 951	III	B	1	S			R	R	R	R	R	R	R			
V 1111	XVI	B	5	S		ME	R	R	R	R	ME	R	R			

Fortsetzung von Tab. 21 Resistenzverhältnisse der Isolate von Proteus spec., C. freundii und K. pneumoniae

Keimart	Patient	Fund-ort	UT	Methode I/S	NA	FIM	P	OX	AM	CB	CF	E	L	GM	TE	C
Pseudomonas																
P.maltophilia																
VI 957	XIX	C	6	S		R	R	R	R		R	R	R		R	
VI 959	XIX	C	6	S		R	R	R	R		R	R	R		ME	
VI 960	XIX	C	6	S		R	R	R	R		R	R	R			
VI 962	XIX	C	6	S		R	R	R	R		R	R	R		ME	
VI 952	XX	C	6	I		R	R	R	R		R	R	R		ME	
VI 968	XX	C	6	S		R	R	R	R		R	R	R		R	
VI 970	XX	C	6	S		R	R	R	R		R	R	R			
VI 971	XX	C	6	S	R	R	R	R	R	R	R	R	R		R	R
VI 973 - 977	XX	C	6	S		R	R	R	R		R	R	R		ME	
VI 980	XX	C	6	S		R	R	R	R		R	R	R		ME	
VI 981	XX	C	6	S		R	R	R	ME		R	R	R			
VI 985	XX	C	6	S		R	R	R	ME		R	R	R		ME	
P.fluorescens																
V 1112	XVI	B	5	S	R	R	R	R	R	R	R	R	R		ME	R
VI 961	XIX	C	6	S		R	R	R	R	R	R	ME	R	ME		R
VI 965	XIX	C	6	S	R	R	R	R	R	R	R	R	R	ME	R	R
VI 966 b	XX	C	6	S	R	R	R	R	R	ME	R	R	R		R	R
VI 967	XX	C	6	S		R	R	R	R	R	R	R	R	R		R
P.aeruginosa																
VI 966 a	XX	C	6	S	R	R	R	R	R		R	R	R		R	R

Fortsetzung von Tab. 21 Resistenzverhältnisse der Isolate von Pseudomonas spec.

chenden auch mehrmals Isolate mit gleichen oder weitgehend identischen Resistenzeigenschaften zu finden waren.
So fanden sich an 3 Versuchstagen bei 6 Patienten (Pat. I, II, III, IX, XII, XIII) gegen alle Antibiotika empfindliche S. aureus-Isolate in der Raumluft. Bei den Patienten XII, XIV und XVI konnte E. cloacae, bei den Patienten VII und XIV E. coli und bei den Patienten XIX und XX P. maltophilia mit gleichen Resistenzeigenschaften nachgewiesen werden.

3.3.3.2 Mehrfachresistenzen der verschiedenen Bakterienspecies

Bei Betrachtung der Antibiogramme in Tabelle 21 fiel auf, daß die meisten der chemotherapeutika-getesteten Bakterien gegen mehrere Antibiotika resistent waren.
Diese Mehrfachresistenzen sind in Tabelle 22 zusammengefaßt dargestellt, wobei für jede Bakterienspecies die Gesamtzahl der Isolate sowie die absolute und prozentuale Zahl der gegen 1 - 12 verschiedene Antibiotika resistenten Keime angegeben ist.
Es zeigt sich, daß die Resistenzsituation bei S. aureus noch günstig ist, da 10 von 15 Isolaten gegen alle getesteten Chemotherapeutika empfindlich waren, 3 waren gegen 1 und 2 gegen 4 Antibiotika resistent.

Bei den gramnegativen Stäbchen ergibt sich für E. coli noch eine vergleichsweise günstige Situation. 4 der 6 Stämme waren gegen 5 und 2 gegen 6 Antibiotika resistent.
Die verschiedenen indolpositiven und indolnegativen Proteusarten (hier zu Proteus spec. zusammengefaßt) waren bis zu 9-fach resistent, wobei die Hälfte der Isolate 8 Resistenzen aufwiesen und weitere 3 gegen 6 Antibiotika unempfindlich waren.
Enterobacter cloacae erwies sich als ziemlich resistent, da die meisten der Isolate, 4 von 7, auf 8 Antibiotika nicht mehr ansprachen und 2 Keime nur noch gegen 2 der 12 Antibio-

Keimart	Ges. zahl n	Anzahl der Resistenzen 0 n/%	1 n/%	2 n/%	3 n/%	4 n/%	5 n/%	6 n/%	7 n/%	8 n/%	9 n/%	10 n/%	11 n/%	12 n/%
S.aureus	15	10 66,7	3 20,0	-	-	2 13,3	-	-	-	-	-	-	-	-
E.coli	6	-	-	-	-	-	4 66,7	2 33,3	-	-	-	-	-	-
E.cloacae	7	-	-	-	-	-	-	-	1 14,3	4 57,1	-	2 28,6	-	-
Proteus spec.	8	-	-	-	-	-	-	3 37,5	-	4 50,0	1 12,5	-	-	-
K. pneumoniae	2	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-
C. freundii	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
Pseudomonas spec.	22	-	-	-	-	-	-	-	3 16,3	12 54,5	-	3 16,3	3 16,3	1 4,5

Tab. 22 Mehrfachresistenzen der verschiedenen Bakterienspecies
(mäßig empfindlich wurde als resistent gewertet)

tika empfindlich waren.
Das ausgeprägteste Resistenzverhalten zeigten die drei isolierten Pseudomonasarten. In dieser häufig den "Problemkeimen" zugerechneten Gattung waren die Isolate gegen 7 bis 12 der getesteten Antibiotika resistent, wobei über die Hälfte der Isolate 8 Resistenzen und je 3 von 22 Keimen 10 bzw. 11 Resistenzen aufwiesen.

3.3.3.3 Resistenzen der Bakterienspecies gegen die einzelnen Chemotherapeutika

In Tabelle 23 wurde zusammenfassend dargestellt, in welchem Umfang Resistenzen der Bakterien gegen die getesteten Chemotherapeutika bestanden. Analog zu Tabelle 22 wurden für alle Species jeweils Gesamtzahl sowie absoluter und prozentualer Anteil der gegen das jeweilige Antibiotikum resistenten Keime angegeben.
Es zeigt sich, daß bei den untersuchten S. aureus-Isolaten, bis auf einen geringen Anteil resistenter Erreger bei einigen Chemotherapeutika, überwiegend eine hohe Empfindlichkeit für die getesteten Antibiotika vorlag.
Bei den gramnegativen Erregern erwiesen sich nur noch wenige der getesteten Chemotherapeutika als wirksam, gegen die meisten von ihnen waren alle oder zumindest ein hoher Anteil der untersuchten NIE resistent.

Keimart	Ges. zahl	NA n/%	FIM n/%	P n/%	OX n/%	AM n/%	CB n/%	CF n/%	E n/%	L n/%	GM n/%	TE n/%	C n/%
S.aureus	15	4	-	2	-	1	-	-	-	-	-	-	-
		26,7		13,3		6,7							
E.coli	6	-	-	6	6	2	-	6	6	6	-	-	-
				100	100	33,3		100	100	100			
E.cloacae	7	-	6	7	7	7	2	7	7	7	2	5	2
			85,7	100	100	100	28,6	100	100	100	28,6	71.4	28.6
Proteus spec.	8	-	5	8	8	4	-	8	8	8	-	6	4
			62,5	100	100	50,0		100	100	100		75,0	50,0
K.pneumoniae	2	-	1	2	2	2	2	2	2	2	-	-	-
C.freundii	1	-	-	1	1	1	-	1	1	1	-	1	-
Pseudomonas spec.	22	5	22	22	22	22	6	22	22	22	3	17	7
		22,7	100	100	100	100	27,3	100	100	100	4,5	77,3	31,8

Tab. 23 Häufigkeit resistenter Isolate bei den getesteten Antibiotika (mäßig empfindlich wurde als resistent gewertet)

4. Diskussion

4.1 Klinische Befunde der Patienten

Zu den verschiedenen Faktoren, die am Zustandekommen von nosokomialen Infektionen beteiligt sind, müssen auch patientenbezogene und therapeutische Parameter gezählt werden (11, 22, 61).

Botzenhart et al. (11) fanden bei der Erhebung von Patientendaten auf mehreren Intensivpflegestationen bei chirurgischen Patienten ein Durchschnittsalter von 50 Jahren, während die Patienten der vorliegenden Untersuchung ein Durchschnittsalter von 65 Jahren erreichten.
Bei Betrachtung der Altersverteilung fiel auf, daß die Patienten der aseptischen Gruppe durchschnittlich wesentlich jünger waren (54,8 Jahre) als die fraglichen Patienten (72,5 Jahre) und auch ein breiteres Altersspektrum (19 - 79 Jahre) aufwiesen. Die fraglichen Patienten waren alle über 65 Jahre alt.
Ältere Patienten sind im allgemeinen durch ihre Grunderkrankungen und Risikofaktoren in ihrer Immunabwehr geschwächt und haben deshalb ein höheres Risiko als jüngere Patienten, durch nosokomiale Infektionserreger zu erkranken (32, 43). Gleichzeitig können sie so auch häufiger zu "Keimquellen" werden und durch Keimstreuung ihre Umgebung gefährden.

Nach Wysocki (80) und Duvlis (31) müssen auch Art und Schwere der Operation bei der Betrachtung nosokomialer Infektionen berücksichtigt werden, da sich die verschiedenen Eingriffe in ihrem Infektionsrisiko, der Gefahr der Keimstreuung und im Keimspektrum unterscheiden.
Bei den meisten fraglichen und septischen Patienten wurden allgemeinchirurgische Eingriffe durchgeführt. Ein Teil dieser Operationen werden als "bedingt aseptisch" bezeichnet (31, 80), da durch Eröffnung von mikrobiell kontaminierten Hohlorganen auch die Gefahr der Keimstreuung größer ist. In

der Gruppe der aseptischen Patienten wurde außer einer aseptischen Gefäßoperation nur eine "bedingt aseptische" Operation durchgeführt, während die restlichen aseptischen Patienten keinen operativen Eingriffen unterzogen wurden.

Eine wichtige Rolle bei der Ausbreitung nosokomialer Infektionen auf Intensivpflegestationen stellen intensivmedizinische Maßnahmen dar (26, 40, 54, 76).
Besonders häufig wurden bei allen auf der chirurgischen IPS untersuchten Patienten Eingriffe am Gefäßsystem (79,1 %) und an den ableitenden Harnwegen (70,8 %) vorgenommen, wobei der Prozentsatz bei den septischen und fraglichen Patienten sogar noch höher lag. Therapeutische Maßnahmen an den Atemwegen und an Wunden wurden seltener durchgeführt (62,5 % bzw. 41,7 %). Bei den aseptischen Patienten wurde insgesamt die geringste Zahl an therapeutischen Eingriffen durchgeführt.

Botzenhart et al. (11) fanden bei ihren Untersuchungen bei 36 % - 72 % der chirurgischen Patienten Venenkatheter und bei 64 % - 78 % Blasenkatheter. Bei diesen therapeutischen Maßnahmen konnte häufig ein Zusammenhang zwischen ihrer Anwendung und dem Auftreten von Infektionen beobachtet werden (18, 43, 45, 72).
Studien des Center of Disease Control (2) ergaben, daß Harnwegsinfektionen mit einem Anteil von 41 % an der Spitze der nosokomialen Infektionen standen, gefolgt von Wundinfektionen (23 %), Atemwegsinfektionen (15 %) und Septicämien (4,4 %). Zwischen diesen vier häufigsten nosokomialen Infektionen und den vier häufigsten therapeutischen Eingriffen ist ein ursächlicher Zusammenhang anzunehmen.

Die auch von anderen Autoren beschriebene Gefährdung durch die Inhalation mit Ultraschallverneblern (29, 34, 40, 49) konnte anhand von Beobachtungen bestätigt werden. In der Raumluft von 2 Patienten mit Ultraschallverneblern war bei allen Messungen eine deutliche Erhöhung der Keimzahlen bis zu 2300 KBE/m³ durch Pseudomonas species festzustellen, wo-

bei die Korngröße (< 1 µm) einen Hinweis auf die Keimquelle "Ultraschallvernebler" gab.
Russenberger et al. (63) fanden bis zu 4000 KBE/m³ im Aerosol und konnten zeigen, daß die meisten Geräte nach 48 - 72 h massiv kontaminiert waren. Um eine Gefährdung der Patienten zu vermeiden, ist es notwendig, daß die hygienischen Erfordernisse bei der Benutzung genau beachtet werden (25, 40, 63) oder keine Kaltwasservernebler mehr verwendet werden (25).

4.2 Methodischer Vergleich

Zur Erfassung der Luftkeime wurden parallel das semiquantitative Sedimentationsverfahren und das quantitative Impaktionsverfahren verwendet. Ein direkter Vergleich der Ergebnisse beider Verfahren ist nicht möglich, da mit dem Andersen-Sampler schwebefähige Luftkeime, mit dem Sedimentationsverfahren hingegen nur sedimentationsfähige Keime erfaßt werden.

Es zeigte sich, daß sich die Durchschnittswerte von Sedimentations- und Impaktionsverfahren annähernd proportional zueinander verhielten, während die Einzelwerte starken Schwankungen unterworfen waren. Da, wie auch bei Dohrmann und Kanz (27), beim Sedimentationsverfahren mehr NIE gefunden wurden und das Verfahren auch leicht handhabbar ist, sollte es bei entsprechender Fragestellung parallel zu den quantitativen Verfahren verwendet werden.

Für quantitative Luftkeimmessungen wurde von anderen Autoren das Sartorius-Filter-Gerät (30, 43) und besonders häufig der Casella-Slit-Sampler (12, 42, 75) verwendet. Wird auf die Bestimmung der Korngrößen kein besonderer Wert gelegt, wäre zu überlegen, ob, bei entsprechender Fragestellung, nicht statt des Andersen-Samplers eines dieser beiden Geräte verwendet werden sollte, um vergleichbare Ergebnisse zu erhal-

ten (8).

Beim Vergleich der Keimzahlen auf den verschiedenen Nährböden (Blut-, TS-, Kligler-, NaCl-, Endo- und Sabouraud-Agar) fanden sich bei allen 3 Patienten-Kollektiven die höchsten Werte auf Blut-Agar, gefolgt von TS- und Kligler-Agar und deutliche niedrigere Werte auf NaCl-Agar. Die Relation 10 : 9 : 7 : 3 für diese vier Nährmedien konnte unabhängig vom Verfahren sowohl für das Impaktions- als auch für das Sedimentationsverfahren festgestellt werden, was sich auch mit den Ergebnissen von Metzger (persönliche Mitteilung) deckt.
Die Koloniezahlen auf Endo- und Sabouraud-Agar waren gering.

Im Gegensatz zur Empfehlung von Andersen (3), der nur Blut-Agar für seinen Sampler empfiehlt, da andernfalls die vom Ansaugvorgang ausgetrockneten und geschädigten Keime nur schwer Kolonien bilden könnten, können durchaus auch andere Nährmedien verwendet werden: Je nach Fragestellung sind für quantitative Luftkeimbestimmungen Blut- und TS-Agar vorzuziehen, wogegen durch die Verwendung von Endo- oder NaCl-Agar erste Anhaltspunkte für die Luftkeimdifferenzierung entstehen könnten.

4.3 Quantitative Ergebnisse

Beim Sedimentationsverfahren ergaben sich bei allen Messungen relativ niedrige Werte, die z.B. bei Blut-Agar zwischen 3 - 25 KBE/cm²xh, bei NaCl-Agar zwischen 1 - 10 KBE/cm²xh schwankten. Der höchste Gruppendurchschnittswert (15 KBE/cm²xh auf Blut-Agar) wurde bei den fraglichen Patienten gefunden. Insgesamt gesehen konnten jedoch nur geringe Unterschiede zwischen den Ergebnissen der 3 Patientengruppen festgestellt werden, was nicht erklärt werden kann.

Die vorliegenden Ergebnisse entsprechen den Werten, die von

Botzenhart und Hoppenkamps (12) bei orthopädischen Eingriffen in einem konventionell belüfteten Operationssaal (15-facher Luftwechsel/h) gefunden wurden, während die Ergebnisse von Heeg und Kanz (42) auf einer Intensivpflegestation - allerdings im 6-Bettzimmer ohne RLT-Anlage - zwischen 20 - 70 KBE/cm²xh, mit Spitzenwerten bis zu 180 KBE/cm²xh schwankten.

Die Betrachtung der Luftkeimkonzentrationsprofile zeigte, daß keine Tagesrhythmik erkennbar war, was mit Beobachtungen von Heeg und Kanz (42) übereinstimmt. Diese Tatsache läßt sich möglicherweise dadurch erklären, daß im Gegensatz zum geregelteren Pflegeablauf einer Normalstation, bei den Intensivpatienten pflegerische Maßnahmen "rund um die Uhr" nötig sind, also auf dieser Station tatsächlich keine ausgeprägte Tagesrhythmik vorhanden ist.

Die Ergebnisse beim Impaktionsverfahren schwankten bei Verwendung von Blut-Agar zwischen 32 und 238 KBE/m³. Die Gruppendurchschnittswerte lagen für Blut-, TS- und Kligler-Agar zwischen 46 und 118 KBE/m³. Bezogen auf die Empfehlung des Schweizer Krankenhausinstituts (4), wonach Keimpegel bis 200 KBE/m³ für die Raumklasse II (wozu IPS gehören) vertretbar sind, sind die vorliegenden Ergebnisse als durchaus günstig zu bezeichnen. Vergleiche mit anderen Untersuchungen sind nur bedingt möglich, da meist andere Meßverfahren benutzt wurden (8) und nach Duvlis und Drescher (30) auch Raum-, Lüftungs- und Personalverhältnisse in das Ergebnis eingehen.

In den zahlreichen Untersuchungen zur Luftkeimsituation in Operationssälen finden sich teilweise ähnliche Ergebnisse (12, 30, 71), aber auch höhere Werte (14, 67, 75), die je nach RLT-Anlage bis zu 1000 KBE/m³ erreichten. Für Intensivstationen finden sich nur wenige Angaben, wobei Russenberger et al. (63) in einem 1-Bettzimmer mit 6-fachem Luftwechsel und ruhigem Betrieb durchschnittlich 50 KBE/m³, im 4-Bettzimmer bei lebhaftem Betrieb durchschnittlich 198 KBE/m³ fan-

den. Heeg und Kanz (42) sowie Gonzenbach (33) konnten dagegen, vor allem bei besonderen Aktivitäten, Werte bis zu 4000 KBE/m³ registrieren.

4.4 Qualitative Ergebnisse

Bei der qualitativen Bestimmung der Luftkeime konnte ein breites Spektrum von grampositiven und gramnegativen NIE isoliert werden: So fanden sich neben S. aureus und Fäkalstreptokokken auch Erreger der Familie der Enterobacteriaceae (Escherichia, Enterobacter, Klebsiella, Citrobacter, Proteus) sowie verschiedene Pseudomonas species. Außer bei den Patienten mit Ultraschallvernebler (wo massenhaft Pseudomonas spec. isoliert werden konnten) war im allgemeinen keine Häufung einer bestimmten Bakterienspecies festzustellen. Bezogen auf das Gesamtkollektiv der Patienten konnte festgestellt werden, daß grampositive und gramnegative NIE gleich häufig aus der Raumluft isoliert werden konnten, entgegen anderen Angaben (23) also kein Vorherrschen von S. aureus festzustellen war.

Bisher wurde meist vermutet, daß hauptsächlich Staphylococcen in der Luft zu finden seien, da z.B. S. aureus als typischer "Staubluftkeim" trotz der Austrocknung in der Luft überleben kann, während die sogenannten "Naß- bzw. Pfützenkeime" (55) dort schnell absterben. Gundermann (35) konnte jedoch in Laborversuchen nachweisen, daß auch typische "Naßkeime" wie Pseudomonas und E. coli monatelang in Staub überleben können, was sich mit den vorliegenden Ergebnissen deckt und auch durch die Untersuchungen von Martiny et al. (53) bestätigt wird. Während dort (53) die Rate der gramnegativen NIE mit 6,9 % der Proben angegeben wird, schwankte die Nachweishäufigkeit in der vorliegenden Arbeit je nach Patientengruppe und Sammelverfahren zwischen 0 und 11 % der Proben auf Endo-Agar.

Während sich bei Gonzenbach (33) nur ein Hinweis auf die Iso-

lation gramnegativer Stäbchen und grampositiver Kokken ohne zahlenmäßige Angaben findet, konnten Dohrmann und Kanz (27) auf Sedimentationsplatten, außer wenigen Funden von S. aureus, keine NIE nachweisen. In der vorliegenden Untersuchung konnten bei 2/3 der Patienten NIE in der Raumluft nachgewiesen werden.

Die vielfach zitierten Spektren und Häufigkeitsangaben von nosokomialen Infektionserregern (1, 22, 47, 65) können nicht zum direkten Vergleich herangezogen werden, da es sich dort um aus Patientenmaterial isolierte Erreger handelt. Es läßt sich jedoch feststellen, daß die meisten der dort angegebenen NIE-Species auch aus der Luft isoliert werden konnten.

Zusammenfassend muß festgestellt werden, daß die zahlreichen Funde von NIE in der Raumluft darauf hinweisen, daß der Luft als Übertragungsweg nosokomialer Infektionserreger bisher zu wenig Beachtung geschenkt wurde. Weitere Untersuchungen zur Klärung dieses Problems sollten deshalb unternommen werden.

Aufgrund der Untersuchungsbefunde wird außerdem deutlich, daß neben der Differenzierung der NIE die Resistenzprüfung der Isolate von besonderer Bedeutung ist, da es für den Therapieerfolg entscheidend ist, ob es sich um einen für Chemotherapeutika empfindlichen oder einen mehrfach resistenten Erreger handelt.
Die Ergebnisse der Resistenzprüfung zeigen, daß der Anteil resistenter NIE in der Luft zwar je nach Keimspecies und geprüftem Chemotherapeutikum schwankte, insgesamt jedoch einen hohen Prozentsatz der Isolate ausmachte. Es muß außerdem berücksichtigt werden, daß der überwiegende Teil der Isolate, insbesondere die gramnegativen Keime, oft ausgeprägte Mehrfachresistenzen aufwiesen.

Bei der Einschätzung der geschilderten Befunde muß jedoch beachtet werden, daß bei manchen Isolaten eine Empfindlichkeit gegenüber einem bestimmten Chemotherapeutikum gar nicht

erwartet werden kann, da diese Keimspecies außerhalb des Wirkungsspektrums der Substanz liegt, also eine natürlich Resistenz vorliegt (69, 73).
So besteht z.B. für alle untersuchten gramnegativen NIE eine natürliche Resistenz gegen Penicillin G, Oxacillin, Erythromycin und Lincomycin.
Aufgrund der geringen Fallzahlen der vorliegenden Ergebnisse sind jedoch sichere Aussagen über die Resistenzsituation der NIE nicht möglich, und es sollten auch keine Vergleiche zu großangelegten Studien über das Resistenzverhalten von NIE (57, 58, 68) gezogen werden.

Bei der Überprüfung der Antibiotikaresistenzen zeigte sich, daß bei mehreren Patienten Isolate einer Keimspecies mit gleichem Resistenzmuster in der Raumluft vorkamen, was zu Überlegungen über ihre Verbreitung Anlaß geben kann.
Nach Wullenweber et al. (79) ist jedoch die Übereinstimmung von Resistenzmustern zur Feststellung der Identität von 2 Isolaten noch nicht ausreichend, da diese sich dennoch häufig in ihren Lysotypieergebnissen unterscheiden - also nicht identischen Stämmen angehören.
Durch den Vergleich von Resistenzmustern können daher nur unterschiedliche Stämme einer Species sicher unterschieden werden. So konnte z.B. bei den Patienten II und XX gezeigt werden, daß sich entgegen der Vermutung, daß die Keime in einem Patientenzimmer einer Quelle entstammen und deshalb identisch sein würden, auch andere, nicht identische Stämme der gleichen Species in der Raumluft fanden.
Da Keime mit gleichem Resistenzmuster zwar identisch sein können, häufig aber trotzdem nicht übereinstimmen, dürfen aus dem Auftreten dieser Isolate an verschiedenen Orten ohne Anwendung der Lysotypie keine weiteren Schlüsse gezogen werden. Um genauere Aussagen über Verbreitung von NIE machen zu können, sollte deshalb unbedingt eine Typisierung, wie Phasen- bzw. Serotypisierung, der Isolate angewandt werden.

Außerdem sollte überlegt werden, ob nicht zusätzlich zu den

auch in der vorliegenden Untersuchung verwendeten 12 im DIN-Entwurf 58940 angegebenen Antibiotika noch die auf der Station besonders häufig angewandten "neueren" Chemotherapeutika getestet werden sollten, um dem Kliniker genauere Hinweise für seine Therapie geben zu können.

4.5 Vergleich der Ergebnisse der drei Patientengruppen

Entgegen den Vermutungen, daß septische Patienten evtl. eine stärkere Streuquelle, verbunden mit höheren Luftkeimzahlen darstellen könnten, ergaben sich bei den Messungen mit dem Sedimentationsverfahren für alle 3 Gruppen etwa gleich hohe KBE-Zahlen.
Beim Impaktionsverfahren betrugen die Werte für die septischen Patienten nur etwa die Hälfte der Werte der aseptischen und fraglichen Patienten.

Vergleicht man die qualitativen Ergebnisse, so ist auffallend, daß bei allen Untersuchungen die Werte der fraglichen Patienten herausragen (vgl. Tab. 12, 13, 14, 15, 16). Für die aseptischen Patienten finden sich hier die niedrigsten Werte, die Ergebnisse der septischen Patienten liegen zwischen denen der fraglichen und der aseptischen Patienten.

Für diese nicht zu erwartenden Ergebnisse lassen sich ohne weitere Untersuchungen keine Erklärungen finden, es sind jedoch folgende Einflüsse denkbar:
Es ist wahrscheinlich, daß das Personal bei septischen Patienten wegen der erhöhten Infektionsgefährdung besonders sorgfältig auf hygienisch einwandfreies Verhalten bei der Pflege achtet. Bei den fraglichen Patienten war, vermutlich da diese weder als besonders gefährliche Streuquelle noch als selbst besonders infektionsgefährdet angesehen werden, die "hygienische Sorgfalt" insgesamt geringer.

Ebenso könnte eine Rolle spielen, daß die fraglichen Patien-

ten das älteste Kollektiv (durchschnittlich 72,5 Jahre) darstellten und aufgrund ihrer Resistenzminderung sich eher Erreger ansiedeln können, wodurch sie selbst zur Streuquelle werden. Ferner wurden fragliche und septische Patienten mehr größeren, vor allem abdominalchirurgischen Operationen unterzogen und konnten auch durch häufigere pflegerische Eingriffe leichter zur Keimquelle werden als die aseptischen Patienten.

Es darf auch nicht übersehen werden, daß bei den fraglichen Patienten klinisch-mikrobiologische Befunde fehlten, da ihre Erhebung, zumindest zum Untersuchungszeitpunkt, nicht für nötig erachtet wurde, die Patienten jedoch ebenso wie die septischen Patienten in starkem Maße mit NIE kontaminiert sein können.

Diese Vermutungen werden durch die Untersuchungen von Martiny et al. (53) bestätigt, die bei der fraglichen Patientengruppe eine besonders starke Kontamination mit gramnegativen NIE fanden. Ebenso fanden Martiny et al. (53) und Wullenweber et al. (78) bei ihren Untersuchungen von Luft, Patient und Umfeld bei den fraglichen Patienten häufig gleich hohe oder höhere Werte als bei den septischen Patienten.

Unter Berücksichtigung der vorliegenden Ergebnisse erscheint es sinnvoll, die fraglichen Patienten der Gruppe der septischen Patienten zuzuordnen, damit sie ebenfalls mehr Beachtung als gefährliche Streuquelle erhalten und sorgfältigere hygienische Betreuung erfahren.

Die auf dieser Station mögliche getrennte Unterbringung der Patienten ist begrüßenswert und sollte genutzt werden. Die Unterteilung der Patienten durch den Kliniker bei Aufnahme auf die Station in eine aseptische, eine fragliche und eine septische Gruppe sollte jedoch in Frage gestellt werden, da sie häufig nur nach klinischen Gesichtspunkten vorgenommen werden kann.
Eine hygienisch relevante Einteilung kann jedoch nur anhand

von mikrobiologischen Befunden getroffen werden, da andernfalls die Infektionsgefahr falsch eingeschätzt wird, worauf auch die vorliegenden Ergebnisse hindeuten (60).

Eine klinisch-mikrobiologische Untersuchung ist deshalb für jeden neu aufgenommenen Patienten unabhängig von seiner Grunderkrankung zu fordern, wobei die Befunde durch laufende Kontrollen aktualisiert werden sollten.
Da ein solches "bakterielles Monitoring" im Stationsbetrieb nur schwer lückenlos durchzuführen ist, muß zusätzlich immer wieder an das Hygienebewußtsein des Personals appelliert werden, damit z.B. ein bisher aseptischer Patient, der unbemerkt zum Keimträger wird, nicht zur Streuquelle wird.

Der Versuch, eine Beziehung zwischen den klinisch-mikrobiologischen Befunden und den Luftkeimbefunden nachzuweisen, erwies sich als schwierig. Nur in zwei Fällen konnten aus der Luft die gleichen Erreger isoliert werden wie bei den Patienten. Ihre Identität ließ sich jedoch aufgrund unterschiedlicher Methodik bei der Resistenzbestimmung und fehlender Typisierung nicht sicher nachweisen.

Obwohl bei den meisten Patienten trotz massiver Besiedlung mit NIE keine Streuung dieser Keime in die Luft nachzuweisen war, sollte eine Infektionskette auf dem aerogenen Weg nicht ausgeschlossen werden. Da weder alle Luftkeime im Zimmer eines Patienten erfaßt werden, noch alle Keime differenziert werden können und auch nur wenige Patienten untersucht werden konnten, ist es vermutlich auch teilweise vom Zufall abhängig, ob die gesuchten Keime erfaßt werden können.

Rüden (59), Martiny et al. (53) und Wullenweber et al. (78) konnten bereits mittels feindiagnostischer Methoden wie der Lysotypie die Ausbreitung von NIE in der Luft zeigen.

Um das Risiko dieses Übertragungsweges besser abschätzen und auch eventuelle therapeutische Konsequenzen ziehen zu kön-

nen, sind jedoch noch weitere Untersuchungen unter Einbeziehung von Personal, Patient und Umfeld nötig.

4.6 Vergleich mit einer Paralleluntersuchung auf der Operationsabteilung

Vergleicht man die auf der Intensivpflegestation ermittelten Luftkeimbefunde mit den Ergebnissen einer auf der Operationsabteilung durchgeführten Paralleluntersuchung (62), so zeigt sich, daß die Luftkeimzahl hier bei allen Messungen deutlich höher liegt. Rüden et al. (62) machen hierfür die höhere personelle Aktivität im Operationssaal verantwortlich. Bei den knochenchirurgischen Operationen wurden, selbst bei septischen Eingriffen, niedrigere Keimzahlen als bei allgemeinchirurgischen Operationen gemessen, wobei die beiden Operationssäle räumlich und lüftungstechnisch vergleichbar waren.

Dieser Unterschied wird auf das hygienebewußtere Verhalten des Operationsteams und -personals bei den knochenchirurgischen Eingriffen zurückgeführt.

Auffallend war, daß im Operationssaal, trotz höherer Luftkeimzahl, der Nachweis von NIE viel seltener gelang. Nur bei 9 von 59 Operationen konnten NIE nachgewiesen werden, wobei der Nachweis von S. aureus hier häufiger gelang als die Isolation von gramnegativen Stäbchen.

Diese Befunde machen ebenfalls deutlich, daß es keine feste Beziehung zwischen der Höhe der Luftkeimzahl und der Häufigkeit des Nachweises von NIE gibt. Die rein quantitative Untersuchung der Luft kann deshalb, im Gegensatz zur Meinung Wanners (74), keine aussagekräftigen Befunde über die Luftkeimsituation liefern, sondern wird eher zu Fehlschlüssen verleiten.

Deshalb ist bei entsprechender Fragestellung neben der quantitativen Untersuchung immer auch eine qualitative Untersu-

chung der Luft zu fordern.

5. Zusammenfassung

Die Hygiene auf Intensivpflegestationen stellt aufgrund der besonderen Infektionsgefährdung der Patienten ein wichtiges Aufgabengebiet der Krankenhaushygiene dar.
Während es zahlreiche Umgebungsuntersuchungen über die Rolle des Kontakt- und Schmierinfektionsweges gibt, liegen bisher, im Vergleich zu Operationssälen, nur relativ wenige Untersuchungen über die quantitative und qualitative mikrobiologische Situation der Luft vor.

In der vorliegenden Untersuchung wurde an 6 Versuchstagen in einwöchigem Abstand das mikrobielle Aerosol einer chirurgischen Intensivpflegestation quantitativ (Andersen-Impaktor) und semiquantitativ (Sedimentationsverfahren), sowie qualitativ auf Vorkommen und Häufigkeit von fakultativ anaeroben nosokomialen Infektionserregern (NIE) untersucht.

Das untersuchte Patientenkollektiv wurde aufgrund von klinisch-mikrobiologischen Vorbefunden sowie Angaben des medizinischen Stationspersonals hinsichtlich seines klinisch-mikrobiologischen Status in drei Gruppen, aseptische, fragliche und septische Patienten, eingeteilt.
Die durchschnittlichen Luftkeimkonzentrationen schwankten zwischen 68 KBE/m³ bei den septischen Patienten und 111 bzw. 118 KBE/m³ bei den fraglichen bzw. aseptischen Patienten (Blut-Agar). Die mit dem Sedimentationsverfahren gemessenen Ergebnisse lagen durchschnittlich bei 10 - 15 KBE/100 cm²xh (Blut-Agar).
Bei 16 der 24 Patienten konnten NIE in der umgebenden Raumluft nachgewiesen werden, wobei der Anteil der grampositiven und der gramnegativen NIE etwa gleich hoch war.

Bei den isolierten Erregern handelte es sich um verschiedene Species der Enterobacteriaceae und Pseudomonadaceae sowie Staphylococcus aureus und Fäkalstreptokokken.
In zwei Fällen wurde eine starke Erhöhung der Luftkeimzahl, hervorgerufen durch Pseudomonas species, beobachtet, die auf bakteriell kontaminierte Ultraschallvernebler zurückgeführt werden konnte.

Eine Übereinstimmung der klinisch-mikrobiologischen Vorbefunde mit den luftmikrobiologischen Befunden konnte nur bei zwei Patienten festgestellt werden, wobei die Identität der Erreger mangels feindiagnostischer Untersuchungen nicht nachgewiesen werden konnte. Insgesamt konnten keine eindeutigen Zusammenhänge zwischen dem mikrobiologischen Status und den luftmikrobiologischen Befunden festgestellten werden. Die fraglichen Patienten sollten jedoch aufgrund ihrer nicht unerheblichen mikrobiellen Besiedlung der Gruppe der septischen Patienten zugeordnet werden.

Die vorliegenden Ergebnisse machen deutlich, daß zur Beurteilung der hygienischen Situation neben quantitativen insbesondere qualitative Untersuchungsmethoden unerläßlich sind und daß außerdem zur Klärung des aerogenen Infektionsweges umfangreichere Untersuchungen notwendig sind, die auch das Personal und das Umfeld des Patienten einbeziehen.

6. Literaturverzeichnis

1 Alexander, M.:
Erregerwechsel und seine Bedeutung im Krankenhaus
Zbl. Bakt. Hyg., I. Abt. Orig. B 168, (1979) 18-36

2 Allen, J.R., A.W. Hightower, S.M. Martin and R.E. Dixon:
Secular trends in nosocomial infections: 1970-1979
Am. J. Med. 70 (1981) 389-392

3 Andersen, A.A.:
New sampler für the collection, sizing and enumeration of viable airborne particles
J. Bact. 76 (1958) 471-484

4 Anonym:
Richtlinien für den Bau, Betrieb und Überwachung von lüftungstechnischen Anlagen in Spitälern
Hrsg.: Schweizerisches Krankenhausinstitut
Bulletin 4 (1975)

5 Anonym:
Richtlinie für die Erkennung, Verhütung und Bekämpfung von Krankenhausinfektionen
Bundesgesundheitsblatt 19 (1976) 1-7

6 Anonym:
DIN-Entwurf 58940 Teil 3: Methoden zur Empfindlichkeitsprüfung von bakteriellen Krankheitserregern (außer Mycobacterien) gegen Chemotherapeutika, Agar-Diffusionstest
Hrsg.: Normenausschuß Medizin im DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin (1976)

7 Anonym:
Operating Manual for Andersen 2000 Inc. Viable (Microbial) Particle Sizing Sampler
Atlanta (1976)

8 Azubuike, R.M.:
Methoden zur Bestimmung des Luftkeimgehalts
Inaugural-Dissertation, Bonn 1975

9 Botzenhart, K.:
Pseudomonas aeruginosa im Inhalationsaerosol
Anaesthesist 20 (1971) 441-442

10 Botzenhart, K.:
Hygienische Gefahrenquellen im apparativen und technischen Bereich des Krankenhauses
Immunität und Infektion 5 (1977) 77-83

11 Botzenhart, K., P. Fischer, H. Rüden und M. Lauterbach:
Kriterien zur hygienischen Beurteilung von Intensivpflegestationen
Zbl. Bakt. Hyg., I. Abt. Orig. B 166 (1978) 314-321

12 Botzenhart, K. und G. Hoppenkamps:
Vergleich der Wundkontamination in konventionell und turbulenzarm belüfteten Operationsräumen
Zbl. Bakt. Hyg., I. Abt. Orig. B 167 (1978) 29-37

13 Botzenhart, K. und R. Kufferath:
Über die Vermehrung verschiedener Enterobacteriaceae sowie Pseudomonas aeruginosa und Alkaligenes spec. in destilliertem Wasser, entionisiertem Wasser, Leitungswasser und Mineralsalzlösung
Zbl. Bakt. Hyg., I. Abt. Orig. B 163 (1976) 470-485

14 Botzenhart, K. und H. Rüden:
Zur Beurteilung von Klimaanlagen im Krankenhaus
Klima-Kälte-Technik 7 (1973) 139-143

15 Bunzel, K., S. Schneider und B. Wille:
Zur Frage der Effektivität infektionsverhütender Maßnahmen im Krankenhaus
Krhs.Hyg. Inf.verhüt. 1 (1981) 3-9

16 Caselitz, F.-H.:
Hygienische und bakteriologische Gesichtspunkte
In: Lavin, O.: Praxis der Intensivbehandlung
Thieme Verlag, Stuttgart 1971

17 Chapmann, G.H.:
The significance of sodium chloride in studies of staphylococci
J. Bact. 50 (1945) 201-203

18 Daschner, F.:
Bakteriologische Probleme bei der Infusionstherapie
Hyg. Med. 6, (1981) 135-140

19 Daschner, F.:
Patientenorientierte Krankenhaushygiene
Infection 8, Suppl. 3 (1980) 243-247

20 Daschner, F.:
Grundlagen der Krankenhaushygiene und das Hospitalismusproblem
Intensivmed. 14 (1977) 163-168

21 Daschner, F.:
Patientenorientierte Verhütung und Bekämpfung krankenhauserworbene Infektionen
Klin. Wochenschr. 57 (1979) 1203-1208

22 Daschner, F.:
Prioritäten in der Infektionsprophylaxe auf Intensivtherapiestationen
Infection 6, Suppl. 2 (1978) 182-186

23 Daschner, F., J. Borneff, G.G. Jackson and M.T. Parker:
Conclusions. In: Proven and unproven methods in hospital infection control
(Hrsg.: F. Daschner) Fischer Verlag, Stuttgart-New York (1978)

24 Daschner, F., H. Nadjem, J. Langmaack and W. Sandritter:
Surveillance, prevention and control of hospital-acquired infections
Infection 6 (1978) 261-265

25 Dietzel, W.:
Probleme der Sterilität in der Inhalations- und Beatmungs-Inhalationstherapie
Hyg. Med. 3 (1978) 114-118

26 Dietzel, W.:
Prioritäten in der Infektionsprophylaxe auf Intensivtherapiestationen
Infection 6, Suppl. 2 (1978) 187-190

27 Dohrmann, R. und E. Kanz:
Der hygienische Aussagewert bakteriologischer Umgebungsuntersuchungen in chirurgischen Kliniken
Chirurg 49 (1978) 189-193

28 Drake, Ch.T., E. Goldmann, R.L. Nichols, K. Piatruszka and L.M. Nyhus:
Enviromental air and airborne infections
Ann. Surg. 185 (1977) 219-223

29 Dunkelberg, H., E.H. Pfeiffer, H.-P. Werner und J.R. Wittig:
Hygienisch-bakteriologische Vergleichsuntersuchungen an 50 Krankenhäusern
IV. Die bakterielle Kontamination von Flüssigkeiten aus Intensivpflege-, Frühgeborenen- und Neugeborenenstationen
Zbl. Bakt. Hyg., I. Abt. Orig. B 161 (1976) 417-426

30 Duvlis, Z. und J. Drescher:
Untersuchungen über den Luftkeimgehalt in konventionell klimatisierten Operationssälen
Zbl. Bakt. Hyg., I. Abt. Orig. B 170 (1980) 185-198

31 Duvlis, Z.:
Hygienische Gesichtspunkte der Planung und Organisation von chirurgischen Intensiv-Therapiestationen
Langenb. Arch. Chir. 336 (1974) 207-218

32 Gierhake, F.W.:
Hygiene im Krankenhaus
Dt. Ärztebl. 74 (1977) 884-888

33 Gonzenbach, Ch., H.U. Wanner und N. Ganzoni:
Keimausbreitung in einem Behandlungszentrum für Schwerverbrannte
Soz. u. Präv.med. 19 (1974) 329-335

34 Grundmeier, E.:
Die Gefahren der Kalt- und Warmbefeuchtung von Sauerstoff und deren Reduzierung mittels praxisbewährten Steril-Systemen
Krhshyg. Infverh. 16 (1980) 382-384

35 Gundermann, K.O.:
Untersuchungen zur Lebensdauer von Bakterienstämmen in Staub unter dem Einfluß unterschiedlicher Luftfeuchtigkeit
Zbl. Bakt. Hyg., I. Abt. Orig. B 156 (1972) 422-429

36 Gundermann, K.O.:
Wege mikrobieller Kontamination im Krankenhaus und deren Bedeutung für die Krankenhausinfektionen
Immunität und Infektion 5 (1977) 54-57

37 Hallmann, L. und F. Burckhardt:
Klinische Mikrobiologie, 4. Aufl.
Thieme Verlag, Stuttgart (1974)

38 Hambraeus, A.:
Transfer of Staphylococcus aureus via nurses' uniforms
H. Hyg. (Camb.) 71 (1973) 799-814

39 Hambraeus, A., S. Bengtsson and G. Laurell:
Bacterial contamination in a modern operating suite: 3. Importance of floor contamination as a source of airborne bacteria
J. Hyg. (Camb.) 80 (1980) 169-174

40 Hartenauer, U. und P. Lawin:
Hygienische Erfordernisse in Intensivpflegebereichen
Arzt und Krhs. 2 (1978) 55-61

41 Haley, R.W.:
Preliminary cost-benefit analysis of hospital infection control programs (The SENIC Project)
In: Proven and unproven methods in hospital infection control
(Hrsg.: F. Daschner), Fischer Verlag, Stuttgart-New York (1978)

42 Heeg, P. und E. Kanz:
Untersuchungen zur Luftkeimsituation auf einer Intensivstation
Prakt. Anästh. 10 (1975) 125-135

43 Hofstetter, A.:
Die klinikvermittelte Harnwegsinfektion
Münch. med. Wschr. 121 (1979) 1363-1366

44 Kanz, E.:
Hygiene auf Intensivstationen
Internist 18 (1977) 390-398

45 Kilian, J., A. Hösch, F.W. Ahnefeld, J.E. Schmitz und E. Vanek:
Die bakterielle Kontamination als Komplikation der Infusionstherapie
Anaesthesist 29 (1980) 559-566

46 King, E.J.:
Preparation of phenolphthalein phosphate
J. Path. and Bact. 55 (1943) 311-313

47 Knothe, H. und W. Sietzen:
Mikrobiologische Überlegungen beim Einsatz von Antibiotika auf Intensivabteilungen
Infection 6, Suppl. 2 (1978), 191-193

48 Köpcke, W., F. Daschner, W. Margret und W. van Eimeren:
Maßnahmen gegen Hospitalinfektionen
Med. Klin. 71 (1976) 1057-1061

49 Koss, J.A., T.A. Conine, H.E. Eitzen und A.M. LoSasso:
Bacterial contamination potential of sterile, prefilled humidifiers and nebulizer reservoir
Heart and Lung 8 (1979) 1117-1121

50 Lidwell, O.M.:
The place of ultra-clean air system in hospitals
Intern. Symp. on Contam. Control, Proc., London (1974)

51 Lidwell, O.M., A.G. Towers, J. Ballard and B. Gladstone:
Transfer of micro-organism between nurses and patients in a clean air enviroment
J. app. Bact. 37 (1974) 649-656

52 Lidwell, O.M.:
Clean air, less infection
Hosp. Eng. 30 (1976) 6-17

53 Martiny, H., M. Wullenweber und H. Rüden:
Nosokomiale Infektionserreger auf einer operativen Intensivpflegestation
I. Vorkommen und Verbreitung von gramnegativen obligat aeroben und fakultativ anaeroben Stäbchen
Zbl. Bakt. Hyg., I. Abt. Orig. B 174 (1981) 477-491

54 Ohgke, H. und E. Kanz:
Umgebungsuntersuchungen über den Grad der Keimstreuung von der Infektionsquelle Patient
Zbl. Bakt. Hyg., I. Abt. Orig. B 171 (1980) 293-308

55 Müller, H.E.:
Die verschiedenen Gruppen hospitalismusrelevanter Erreger
Hyg. Med. 6 (1981) 507-510

56 Noble, W.C., J.D.F. Habbema, R. van Furth, J. Smith and C. de Raay:
Quantitative studies on the dispersal of skin bacteria into the air
J. Med. Microbiol. 9 (1976) 53-61

57 Paul-Ehrlich-Gesellschaft für Chemotherapie e.V., Arbeitsgemeinschaft "Resistenz":
Empfindlichkeit klinischer Isolate einiger Enterobacteriaceae sowie von Pseudomonas aeruginosa, Staphylococcus aureus und Streptococcus faecalis gegenüber Chemotherapeutika: Ergebnisse einer überregionalen kooperativen Studie aus dem Jahre 1975
Infection 6 (1978) 35-44

58 Paul-Ehrlich-Gesellschaft für Chemotherapie e.V., Arbeitsgemeinschaft "Resistenz":
Empfindlichkeit klinischer Isolate einiger Enterobacteriaceae sowie von Pseudomonas aeruginosa, Staphylococcus aureus und Streptococcus faecalis gegenüber Chemotherapeutika: Ergebnisse einer überregionalen kooperativen Studie aus dem Jahre 1979
Infection 8 (1980) 307-308

59 Rüden, H.:
Raumlufttechnische Anlagen und Infektionsverhütung
Öff. Gesundh.-Wesen 44 (1982) 54-58

60 Rüden, H., P. Fischer und K. Botzenhart:
Hygienische Anforderungen an das baulich-funktionale Konzept von Intensivpflegestationen
Zbl. Bakt. Hyg., I. Abt. Orig. B 166 (1978) 305-313

61 Rüden, H., P. Fischer und E. Thofern:
Intensivpflegestationen und ihre hygienischen Probleme
Prakt. Anästh. 12 (1977) 478-492

62 Rüden, H., M. Wullenweber, Ch. Leberl und K. Metzger:
Luftmikrobiologische Untersuchungen in einem Krankenhaus
II. Chirurgische Operationsabteilung
Hyg. Med. 5 (1980) 446-454

63 Russenberger, H.J., E. Scholz und H.U. Wanner:
Bakterielle Kontamination der Raumluft in Intensivpflegestationen
Soz. Präv.-med. 19 (1974) 337-341

64 Satta, G., G. Grazi, P.E. Varaldo and R. Fontana:
Detection of bacterial phosphatase activity by means of an original and simple test
J. Clin. Path. 32 (1979) 391-395

65 Schaal, K.P. und G. Mauff:
Krankenhausinfektionen: Erregerspektrum und mikrobiologische Diagnostik
Krankenhaus 71 (1979) 147-150

66 Sirch, W.:
Hospitalinfektionen: Verhütung, Kontrolle und Bekämpfung. Erfahrungen mit der Institutionalisierung der Richtlinie des Bundesgesundheitsamtes anhand einer Pilotstudie von
Marget. W., F. Daschner, H. Hirsch, W.A. Müller und Mitarbeit von U. Niehus, L. Zänker, A. Frese, H. Andre, L. Weber
Urban und Schwarzenberg, München (1980)

67 Sonntag, H.G., V. Hingst und H. Gärtner:
Luftkeimmessungen im Krankenhaus
Hyg. Med. 4 (1979) 177-181

68 Spitzky, K.H. und M. Rotter:
Resistente Staphylokokken neuerlich im Vormarsch?
Infection 7, Suppl. 2 (1979) 220-224

69 Simon, C. und W. Stille:
Antibiotika-Therapie in Klinik und Praxis, 4. Aufl.
Schattauer Verlag, Stuttgart-New York (1979)

70 Thofern, E.:
Infektionserreger im Umfeld des Patienten
Hefte z. Unfallheilk. 132 (1978) 101-110

71 Thomas, G.:
Luftkeimzahlmessungen als Indikator der Reinheit von Operationseinrichtungen
Swiss Med 1 (1979) 19-29

72 Tiller, F.W. und R. Haag:
Zentrale venöse Dauerkatheter als potentielle Infektionsquelle in der Intensivtherapie
Z. ärztl. Fortbild. 70 (1959) 584-586

73 Walter, A.M. und L. Heilmeyer:
Antibiotika-Fibel, 4. Aufl.
(Hrsg.: Otten, H., M. Pempel und W. Siegenthaler)
Thieme Verlag, Stuttgart (1975)

74 Wanner, H.U.:
Anforderungen an die Luftqualität in Krankenhäusern
Hyg. Med. 4 (1979) 182-186

75 Wanner, H.U., G. Huber, R. Meierhans und B.G. Weber:
Optimale Nutzung der Lüftung zur Reduktion des Luftkeimgehalts in Operationssälen
Helv. chir. Acta 47 (1980) 493-504

76 Werner, H.P.:
Bewertung der Infektionsursachen und Präventivmaßnahmen
In: Praxis der klinischen Hygiene in Anästhesie und Intensivpflege
(Hrsg.: O.H. Just)
Thieme Verlag, Stuttgart (1978)

77 Weuffen, W., A. Kramer, B. Kemter, W. Kretschmar, Ch. Bohnenstengel, H.-D. Stober und H. Müller:
Definition des Begriffs Hospitalinfektion und damit eng im Zusammenhang stehender Begriffe
Dt. Gesundh.-Wesen 35 (1980) 2097-2099

78 Wullenweber, M., H. Martiny, H. Rüden und K.-O. Gundermann:
Nosokomiale Infektionserreger auf einer operativen Intensivpflegestation
II. Vorkommen von Staphylococcus aureus
Zbl. Bakt. Hyg., I. Abt. Orig. B 174 (1981) 492-497

79 Wullenweber, M. H. Martiny, W. Lenz und H. Rüden:
Nosokomiale Infektionserreger auf einer operativen Intensivpflegestation
III. Verbreitung von Staphylococcus aureus unter Berücksichtigung der Lysotypie
Zbl. Bakt. Hyg., I. Abt. Orig. B 174 (1981) 498-508

80 Wysocki, S.:
Infektionsproblematik bei chirurgischen Intensivpatienten
Infection 6, Suppl. 2 (1978) 173-175

Danksagung

Allen, die mich bei der Durchführung meiner Dissertation durch Ratschläge, Kritik und anregende Gespräche unterstützt haben, sei an dieser Stelle gedankt.

Insbesondere danke ich
Herrn Professor Dr. med. H. Rüden für die Überlassung des Themas, die wertvollen fachlichen Anregungen und seine geduldige Unterstützung bei der Durchführung der Arbeit,
Frau Dr. rer. nat. H. Martiny für ihre freundliche Betreuung und Beratung,
Herrn Dr. rer. nat. M. Wullenweber für seine kritischen Hinweise und Anregungen,
den technischen Assistentinnen Frau Ch. Leberl und Frau I. Schmitt für die Anleitung und Unterstützung bei den experimentellen Untersuchungen.

Lebenslauf

1.5.1953	Geboren als erstes Kind von Heinrich Hutterer und Elisabeth Hutterer-Immelen geb. Immelen in Herrsching
1959 - 65	Besuch der Volksschule am Gotzinger Platz, München
1965 - 69	Besuch der Maria-Probst-Realschule, München
Juli 69	Mittlere Reife
1969/70	Besuch der Übergangsklasse an der Salvator-Realschule, München
1970 - 73	Besuch des Theodolinden-Gymnasiums, München
Juni 73	Reifeprüfung
Juni 73 - Okt. 74	Mitarbeit am Max-Planck-Institut für Biochemie, Martinsried bei München
Okt. 74 - März 77	Studium der Humanmedizin an der Universität des Saarlandes, Homburg/Saar
März 77 - Okt. 81	Fortsetzung des Studiums an der Freien Universität Berlin
26. Okt. 81	Abschluß des Studiums mit dem 3. Teil der Ärztlichen Prüfung
Mai 82	Approbation
Okt. 82 - Jan. 83	Tätigkeit als Assistenzärztin in der Praxis Dr. med. H. Ohntrup, Heeslingen
seit April 83	Tätigkeit als Assistenzärztin in der Kinderchirurgischen Abteilung des Rudolf-Virchow-Krankenhauses, Berlin